

ISBN 978-5-9624-1383-9



ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Материалы

IV Международной научно-практической конференции,
посвященной 85-летию кафедры почвоведения
и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала

Иркутск, 6–10 сентября 2016 г.

ISBN 978-5-9624-1383-9



**ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ
И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Материалы

IV Международной научно-практической конференции,
посвященной 85-летию кафедры почвоведения
и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала

Иркутск, 6–10 сентября 2016 г.

Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»
Научно-исследовательского центра «Байкальский регион» ИГУ
Иркутское отделение МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева»

ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Материалы

IV Международной научно-практической конференции,
посвященной 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ
и Дню Байкала

Иркутск, 6–10 сентября 2016 г.



664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5 ☎ +7 9148848530 ✉ kaf_soil@mail.ru

SOIL AS INTERLINK FOR FUNCTIONING OF NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED ECOSYSTEMS

IV International Scientific and Practical Conference

devoted to 85th anniversary
of the Department of Pedology and Land Resources Estimation of
Irkutsk State University and Baykal Days



УДК 631.4
ББК 40.3
П65

Редакционная коллегия:

Н. И. Гранина (председатель), Н. Д. Киселева

П65 **Почва** как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем [Электронный ресурс] : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; [под ред. Н. И. Граниной]. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2016. – 1 электрон. опт. диск. (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

ISBN 978-5-9624-1383-9

В материалах конференции приведены результаты исследований агроэкологического потенциала почв как основы продовольственной и экологической безопасности России, СНГ и стран ближнего зарубежья. Рассмотрены вопросы теоретического почвоведения, касающиеся генезиса, эволюции и проблем классификация почв Прибайкалья и других регионов РФ, методические подходы оценки почвенных и земельных ресурсов, современные концепции сохранения почвенного покрова. Представлен опыт почвенно-геохимических исследований в зонах интенсивного природопользования, оценки свойств и экологического состояния природных и антропогенно-нарушенных почв, подходов исчисления размеров вреда, причиненного почвам.

Обсуждены проблемы адаптации агро- и урбоэкосистем к негативным воздействиям природных и антропогенных факторов, вопросы нормирования нагрузок, подходы оптимизации. Рассмотрены объекты, подлежащие особой охране в связи с реально существующей угрозой их исчезновения или сильной деградации, предложены критерии создания Красной книги почв. Отдельные главы посвящены мультидисциплинарным подходам в почвоведении, связи методов почвоведения с другими науками и научно-производственными направлениями.

Для специалистов в области почвоведения, биологии, экологии, географии, сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

Материалы сборника опубликованы в авторской редакции.

ОРГКОМИТЕТ

Председатели конференции

Крючков А. В., министр природных ресурсов и экологии Иркутской области
Аргучинцев А. В., ректор ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»
Шоба С. А., декан факультета почвоведения МГУ, профессор, член-корреспондент
РАН, председатель МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева»

Сопредседатели

Матвеев А. Н., декан биолого-почвенного факультета ИГУ
Гранина Н. И., зав. кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ

Научный комитет

- Сотрудники кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ:
Воробьева Г. А., Козлова А. А., Лопатовская О. Г., Мартынова Н. А.,
Киселева Н. Д., Куклина С. Л., Бубнова Л. Р., Белозерцева И. А., Швецов С. Г.;
- Сотрудники Научно-исследовательского центра «Байкальский регион» ИГУ:
Липнина Е. А., Бердникова Н. Е., Роговской Е. О., Бердников И. М., Лохов Д. М.

НАУЧНАЯ ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

На конференции планируется работа 3 секций:

1. Теоретическое почвоведение: генезис, эволюция, классификационные проблемы.
2. Мультидисциплинарные подходы почвоведения, связанные с использованием методов почвоведения в других науках и научно-производственных направлениях.
3. Почвенные ресурсы и оценка земель (плодородие, деградация, мелиорация, охрана земель).

Программа конференции включает пленарные заседания, работу секций, круглого стола, мастер-класс по отбору почвенных монолитов, а также почвенно-экологические экскурсии на южное побережье озера Байкал и в Тункинскую долину.

В работе конференции приняли участие ведущие специалисты в области почвоведения сельского хозяйства и управления земельными ресурсами России, а также регионов ближнего (Белоруссия, Азербайджан) и дальнего зарубежья (Монголия, Турция).

ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

- 6 сентября – Биолого-почвенный факультет Иркутского государственного университета, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов по адресу г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
Регистрация, открытие конференции, пленарные доклады, торжественный вечер;
7–8 сентября – Полевая экскурсия по маршруту Иркутск-Утулик-Аршан-Иркутск.
9 сентября – пос. Утулик. Круглый стол, закрытие конференции.
10 сентября – возвращение в Иркутск.

МАСТЕР-КЛАСС «ОТБОР ПОЧВЕННЫХ МОНОЛИТОВ»

(проводится во время научно-полевой экскурсии)

Руководители:

Апарин Б. Ф., зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, научный руководитель ФГБНУ ЦМП им. В. В. Докучаева, вице-президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н., профессор

Сухачева Е. Ю., канд.биол.наук, директор ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева, доцент кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

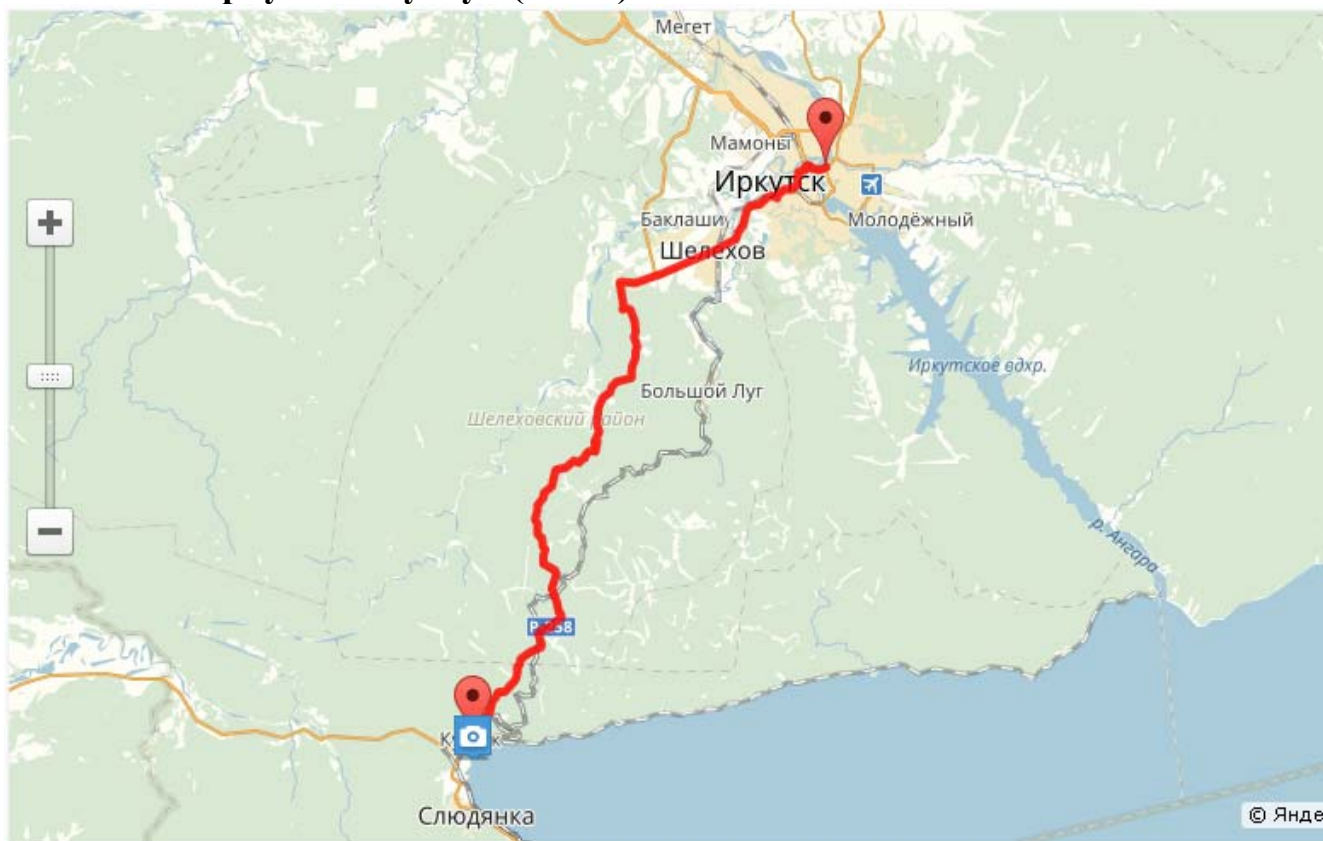
НАУЧНО-ПОЛЕВАЯ ЭКСКУРСИЯ

В процессе проведения конференции будет организован Круглый стол, а также почвенно-экологические экскурсии на южное побережье озера Байкал и в Тункинскую долину.

Участникам экскурсии предлагается ознакомиться со своеобразием почв южной части Байкальской рифтовой зоны, обусловленное спецификой эволюции рельефа, разнообразием пород и климатическими особенностями.

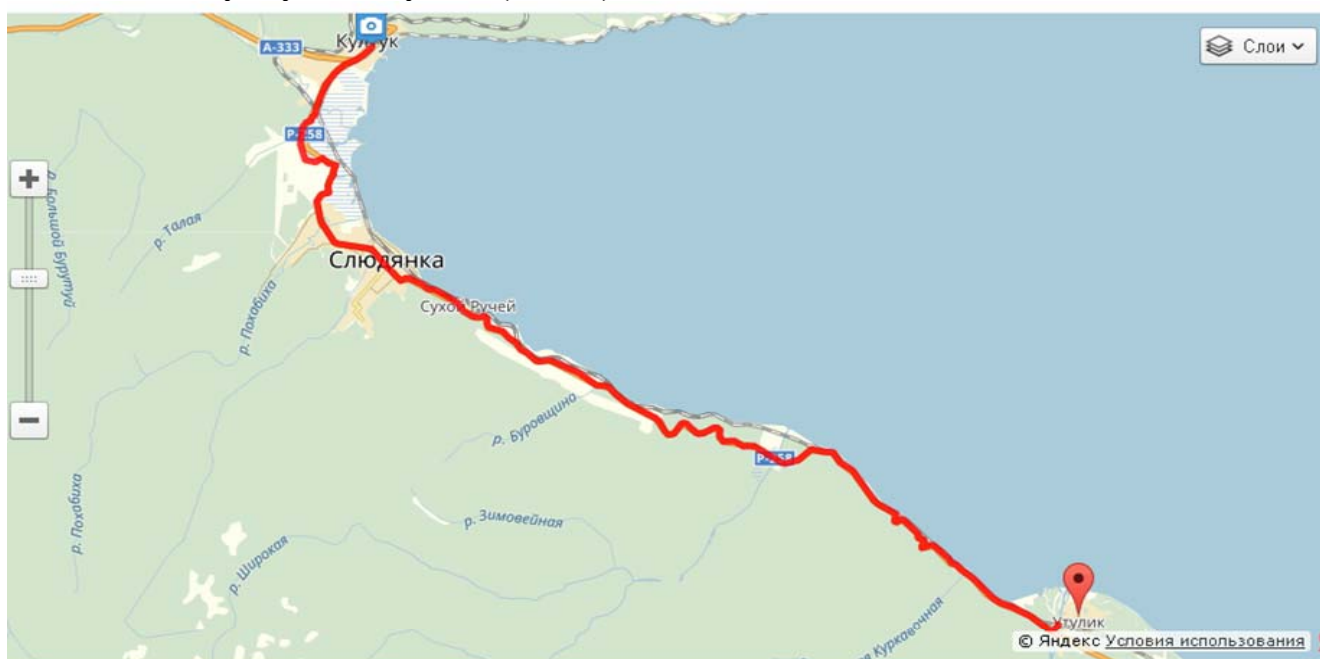
Маршрут экскурсии проходит вдоль автотрассы и включает следующие участки:

Участок 1. Иркутск – Култук (98 км)



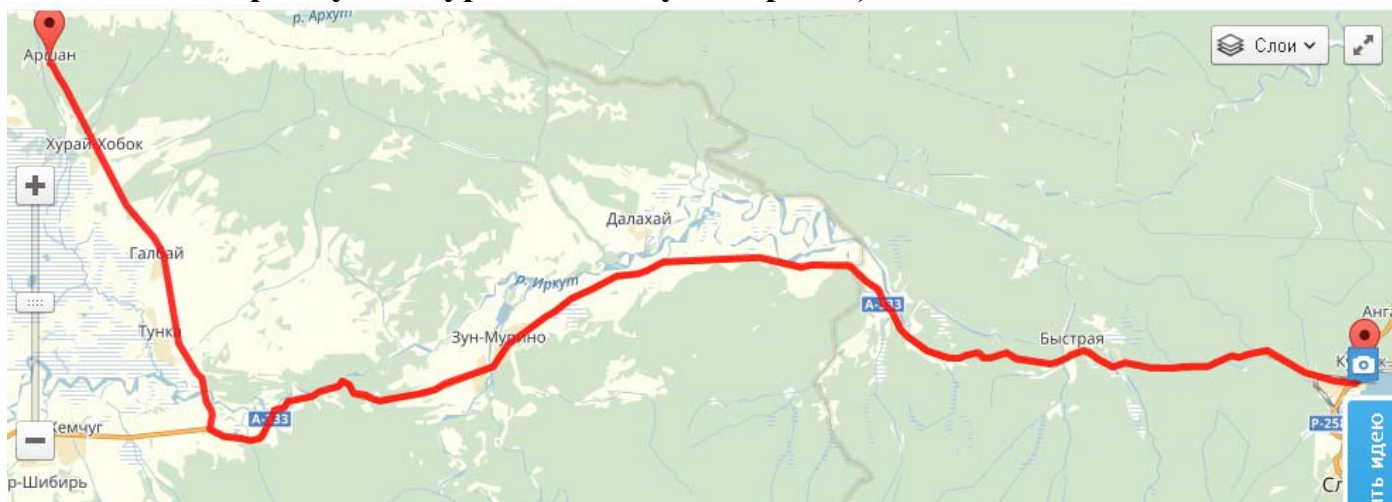
Автотрасса идет по Олхинскому плоскогорью, высоты которого возрастают по направлению к Байкалу от 700 до 1200 м. На этом участке в районе пос. Чистые Ключи юрские песчаники сменяются доломитами нижнего кембрия, а в районе пос. Моты доломиты нижнего кембрия по линии надвига резко сменяются древнейшими метаморфическими породами нижнего архея возрастом более 3 млрд лет. Архейские гнейсы и кристаллические сланцы на различных участках прорваны интрузиями гранитов, которые в рельефе представлены скалами высотой до 27 м. На 58 км заложен разрез таежных почв, развитых на коре выветривания гранитов.

Участок 2. Култук – Утулик (41 км)



Автотрасса идет вдоль живописного берега Байкала, ограниченного с юга отвесными скальными уступами Станового хребта, сложенными архейскими кристаллическими сланцами, гнейсами, мраморами и прорванными интрузиями архейских и протерозойских гранитов.

Участок 3. Маршрут по Тункинской долине (Утулик – Култук – Быстрая – Тибельти-Торы-Зун – Мурино – Зактуй – Аршан)



Маршрут идет от Култука на запад (114 км) вдоль системы впадин Байкальского типа. Экскурсия охватывает 3 ближайшие к Байкалу впадины – Быстринскую, Торскую и Тункинскую. В ходе маршрута будут продемонстрированы: криотурбированные аллювиальные почвы высокой поймы р. Иркут, лесные почвы на лессовидных карбонатных отложениях, почвы на лессах, перекрывающих базальтовые шлаки вулканических конусов, почвы на травертинах у минерального источника на курорте Аршан.

Запланированы экскурсии на отложения катастрофического селевого потока 2014 года, на знаменитые целебные минеральные источники Аршана, на водопады реки Кынгарга, на вулканы Тункинской впадины. В ходе экскурсии участники смогут увидеть тектоногенные формы рельефа (горсты, грабены, надвиги, сбросы), особенности горного массива Тункинских Альп (гольцы, кары, пики) и мерзлотные деформации поверхности. По маршруту экскурсии можно ознакомиться с особенностями растительности среднегорных, низкогорных и долинных ландшафтов.

Участникам будут продемонстрированы коллекции пород и минералов, характерных для южной части Байкальской рифтовой зоны.

Кроме интересных объектов и невероятно красивых ландшафтов Вас ждут незабываемые встречи и теплая атмосфера.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И НАУКА ОБ УПРАВЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В ИРКУТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Гранина Н. И.

Иркутский государственный университет, Иркутск, granina_n@list.ru

Почвоведение и наука об управлении земельными ресурсами выпускникам средней школы, к сожалению, мало известны. Между тем почвоведение – фундаментальная наука, основа рационального природопользования, охраны природы, экологического нормирования и управления природной средой. Сегодня на рынке труда очевидна потребность в квалифицированных специалистах-почвоведов, экологах, работниках сельского хозяйства. В последнее десятилетие наиболее востребованными становятся специалисты в области оценки и управления земельными ресурсами.

Неслучайно подготовка студентов-почвоведов проводится в классических университетах центральных городов России: Астрахани, Владимире, Владивостоке, Владикавказе, Казани, Москве, Оренбурге, Санкт-Петербурге, Пущине, Томске, Ульяновске, в Ростове-на-Дону и Орле. На обширной территории, от Томска до Владивостока, подготовка студентов по направлению «Почвоведение» осуществляется только в Иркутском государственном университете.

Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Иркутского государственного университета ведет образовательную деятельность с 1931 г. Осуществляется подготовка специалистов для служб экологического контроля и мониторинга природных сред, ведомств по оценке земель, землеустроительных и природоохранных предприятий.

Кафедра стала значимым центром подготовки специалистов-почвоведов для Сибири, Дальнего Востока, Монголии и ряда стран Африки. Дипломы получили более 2000 почвоведов, из которых 50 – зарубежные специалисты из Монголии. Выпускники кафедры стали известными учеными, руководителями научных и производственных предприятий, научно-исследовательских институтов, вузов. Среди них: И. В. Николаев, О. В. Макеев, Н. И. Карнауков, В. А. Кузьмин, М. А. Корзун, В. А. Серышев, Н. Д. Давыдова, Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, Ю. Н. Краснощеков, М. Г. Меркушева, А. А. Данилова и др.

Основой для создания кафедры послужили исследования почвенного покрова Прибайкалья, которые были начаты учеными в конце XIX века (задолго до образования кафедры) и связаны с деятельностью Сибирского отделения Российского географического общества. Результаты исследований были обобщены в работах Агапитова, Шаморина, Прейна и Лаврентьева (1877–1890 гг.). В 1925 г. открывается кабинет агрономии на кафедре ботаники естественного отделения физико-математического факультета ИГУ. Заведующий кабинетом профессор А. И. Потапов проводил научные исследования в области агрохи-

мии, а преподаватели В. Г. Дубов и И. В. Николаев читали курс лекций по почвоведению и агрономическим дисциплинам [1].

В 30-х гг. в связи с потребностью государства использовать неосвоенные почвенные ресурсы необжитых территорий Сибири возникла необходимость подготовки специалистов-агрономов и почвоведов. По инициативе И. В. Николаева и В. Г. Дубова в 1931 г. открывается кафедра почвоведения на почвенно-географическом отделении ИГУ. В течение 15 лет (1931–1946 гг.) кафедра входила в состав геолого-почвенно-географического факультета и лишь в 1948 г. она вошла в состав биологического факультета ИГУ. С этого момента факультет стал называться биолого-почвенным. Первым заведующим кафедрой был профессор И. В. Николаев, который возглавлял ее более 20 лет, а с 1931 по 1955 г. он – директор БГНИ ИГУ.

Основой представления о почвах и условиях почвообразования в Восточной Сибири стали работы, выполненные И. В. Николаевым: почвенная карта Восточно-Сибирского края (1932 г.); монография «Почвы Восточно-Сибирского края» (1934 г.), где впервые дана схема классификации и эволюции почв Восточной Сибири; монография «Почвы Иркутской области», почвенная карта Иркутской области (1:2 500 000) и схема почвенного районирования области (1949 г.) [1]. Именем профессора И. В. Николаева сегодня назван Восточно-Сибирский музей почвоведения на биолого-почвенном факультете. Инициатором и организатором музея был В. И. Бычков, доцент кафедры, видный общественный деятель, известный художник.

Два года, с 1932 по 1933 г., кафедра существовала как самостоятельное почвенное отделение. По инициативе М. А. Корзуна отделение почвоведения было возобновлено (1986–1993 гг.), в его состав вошли две кафедры: кафедра почвоведения и агрохимии (зав. кафедрой М. А. Корзун, с 1986 г. – А. Г. Сазонов) и кафедра мелиорации почв (зав. кафедрой Н. И. Карнаухов, с 1986 г. – И. Н. Угланов). Ежегодный выпуск студентов составил 50 человек. После объединения кафедр в одну – кафедру почвоведения, с 1991 по 1994 год ее возглавлял проф. И. Н. Угланов, с 1994 по 2005 г. – доц. Г. А. Воробьева, с 2005 г. – доц. Н. И. Гранина (1988–1998 гг. – заместитель декана, 1998–2008 гг. – декан биолого-почвенного факультета ИГУ; 2008–2013 гг. – директор Научно-исследовательского института биологии ИГУ).

В 60–70-е годы на биолого-почвенном факультете открывается Совет по защите кандидатских диссертаций и аспирантура по специальности «Почвоведение». Председатель Совета – Н. И. Карнаухов, декан биолого-почвенного факультета и заведующий кафедрой почвоведения. С его приходом на кафедру начали развиваться почвенно-мелиоративные исследования. Под его руководством сотрудниками кафедры К. В. Морозовой, Н. И. Какауровой, Н. И. Симоненковым были составлены схемы почвенно-мелиоративного районирования Иркутской области, изучены особенности мелиорации в Хокассии и в долине р. Куды, впервые разработаны основы орошаемого земледелия в Восточной Сибири. Благодаря этим работам почвенно-мелиоративные изыскания становятся самостоятельным направлением исследования, и в связи с этим в 1979 г. созда-

ется кафедра физики и мелиорации почв. Инициатором ее создания был М. А. Корзун (1963–1970 гг. и 1980–1986 гг. – декан биолого-почвенного факультета ИГУ; 1970–1974 гг. – проректор по учебной работе ИГУ и одновременно заведующий кафедрой; 1982–1985 гг. – директор Института биологии ИГУ) [2; 3].

По инициативе О. В. Макеева в 1949 г. в Иркутском университете при биолого-географическом НИИ (БГНИИ) была создана лаборатория почвоведения. Работа лаборатории осуществлялась по единой тематике с кафедрой почвоведения. Группа сотрудников лаборатории (О. Ф. Семенова, Н. П. Воробьева, И. Ф. Маркаданов, М. А. Корзун, В. А. Кузьмин, В. П. Мартынов). Выпускник кафедры И. Ф. Маркаданов был организатором и первым директором Иркутского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Под руководством О. В. Макеева проводились почвенно-картографические исследования Хоринского и Тункинского аймаков Бурятской АССР, долины реки Иркуты Заларинского района Иркутской области. В 1957 г. О. В. Макеев успешно защитил докторскую диссертацию, возглавил Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН (Улан-Удэ), он – основатель и руководитель отечественной школы по геоэкологии (мерзловедению), заслуженный деятель науки и техники БАССР, международный эксперт ЮНЕСКО по проблемам «Человек и биосфера» [4].

С 1960 года научные исследования на кафедре и в почвенной лаборатории БГНИИ. стали возглавлять доцент Н. И. Карнаухов и доцент М. А. Корзун. В это время расширился коллектив лаборатории почвоведения в БГНИИ. В ней работали И. М. Сидорова, П. К. Ивельский, Г. А. Воробьева, О. А. Ивашевская, позднее – Л. И. Гавва, В. А. Серышев, А. Ким, А. Журавлева и др. Научно-исследовательская работа кафедры и лаборатории осуществляется в тесном единстве по общей тематике. Продолжены почвенно-картографические работы в Усть-Удинском, Жигаловском, Балаганском, Тайшетском и Киринском районах (М. А. Корзун, Г. А. Воробьева, П. К. Ивельский). В. П. Мартыновым опубликована монография «Почвы горного Прибайкалья (1965 г.). В монографии впервые дана подробная генетическая характеристика труднодоступных горных почв, их систематика, структура вертикальной поясности и почвенного покрова. Под руководством М. А. Корзуна широко разворачиваются работы по исследованию почв долин бассейна р. Ангары (Г. А. Воробьева, А. М. Быков, П. К. Ивельский, В. А. Серышев, Н. И. Симоненков, А. Ким) [1].

В 70–90 гг. сотрудниками кафедры были продолжены исследования почв Предбайкалья по соответствующим направлениям: содержание микроэлементов (А. С. Мартынова, С. И. Иванюта), лесоводственная оценка почв (А. Г. Сазонов), агрохимия (Л. Н. Костюхин), почвообразование и осадконакопление в позднем кайнозое Прибайкалья, стратиграфия позднего плейстоцена и голоцена (Г. А. Воробьева), мелиорация болотных почв (Л. А. Иванюта), спектрофотометрическая характеристика (Н. И. Гранина) и органическое вещество современных и полеопочв (Н. В. Вашукевич), особенности почвообразования в условиях палеокриогенеза (А. А. Козлова), засоленные почвы, мелиорация

(О. Г. Лопатовская), почвы на гипсоносных отложениях (Н. Д. Киселева), аллювиальные почвы (С. Л. Куклина). Изучены почвы северной Монголии и Прибайкалья (О. С. Лыков, Н. А. Мартынова).

В настоящее время научная деятельность кафедры определяется общей темой: «Регионализм педогенеза и его влияние на использование почв Прибайкалья». В рамках общей темы научных исследований сотрудниками кафедры проводится научная работа по направлениям: 1) Расшифровка природно-климатической обстановки различных интервалов позднего плейстоцена Прибайкалья (Г. А. Воробьева, С. Л. Куклина); 2) Особенности современного педогенеза на территории Прибайкалья (Г. А. Воробьева, Н. И. Гранина, А. А. Козлова, О. Г. Лопатовская, Н. А. Мартынова, Н. Д. Киселева, С. Л. Куклина, И. А. Белозерцева, С. Г. Швецов); 3) Разработка методологии и методики почвенно-картографического обследования с учетом современных инноваций и требований Классификации 2004 года (Г. А. Воробьева, И. А. Белозерцева, О. Г. Лопатовская); 4) Антропогенно-преобразованные почвы Прибайкалья (А. Т. Напрасников, А. А. Козлова, О. Г. Лопатовская, И. А. Белозерцева, Н. А. Мартынова, Н. Д. Киселева, С. Л. Куклина); 5) Создание базы данных почв Иркутской области и Красной книги почв Иркутской области (Н. И. Гранина, О. Г. Лопатовская).

Сегодня кафедра готовит специалистов трех ступеней обучения: 1) бакалавр Почвоведения, профиль «Управление земельными ресурсами»; 2) магистр Почвоведения, программа «Земельный кадастр и сертификация почв»; 3) аспирант Биологии, направленность «Почвоведение».

Разработана программа курсов повышения квалификации (72 часа). Реализуются следующие проекты: 1) «Особенности преподавания дисциплин, связанных с экспертной оценкой почв и земель», для преподавателей высшей школы Приказ Минобрнауки РФ № 1525 от 21.04.2011; 2) «Агрохимическая и агроэкологическая экспертиза почв, растительной продукции и агрохимикатов», для сотрудников ФГБУ "Станция агрохимической службы Иркутский», 2015 г.; ФГБУ "Станция агрохимической службы Тулунский», 2016 г.

Проводится активная работа со студентами и школьниками. Так, 10 декабря 1993 г. кафедрой был впервые организован профессиональный праздник «День почвоведения», на котором присутствовали студенты-почвоведы, выпускники кафедры, преподаватели кафедры и факультета. Каждый курс студентов представляет презентацию своей группы. В игровой форме на празднике проводятся разнообразные конкурсы. В настоящее время проведение праздника «День почвоведения» стал традицией, помогающей сплочать всех почвоведов. Он стал днем встречи выпускников, притягательной силой кафедры. Каждый год он собирает все больше и больше почвоведов.

При поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области создана и реализована комплексная система экологического воспитания, студентов и школьников. В период празднования Всемирного дня Земли, в связи с необходимостью привлечь внимание к решению проблемы охраны почв сотрудниками кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ, еже-

годно с 2011 г., проводится межрегиональная научно-практическая студенческая конференция с участием школьников «Почвы и экология». Одновременно с конференцией проводится конкурс детских рисунков-плакатов на тему «Спасем наши почвы» и мастер-класс для школьников младших классов «Почвенная радуга». Разработана программа и реализуется Межрегиональная экологическая олимпиада школьников «Почвы и лес» (2015, 2016 гг.). Мероприятия посвящены Всемирному дню Земли. Результаты проводимых мероприятий, представляются в сборнике материалов конференции. Публикуются лучшие доклады, обсужденные на студенческой и школьной конференции, приводятся результаты исследования студентов в области почвоведения, экологии, растениеводства и земледелия. Рассматриваются возможности последовательного внедрения основ почвоведения в систему школьного и дошкольного образования.

Сегодня как никогда важны усилия кафедры по повышению престижа и социальной значимости науки почвоведения, по внедрению фундаментальных научных знаний и исследований в производство, охрану почвенного покрова и управление земельными ресурсами.

Литература

1. Бычков В. И. Почвоведение в Восточной Сибири в XX веке: роль кафедры почвоведения Иркутского государственного университета в подготовке специалистов и развитии науки. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 141 с.
2. Гранина Н. И. Состояние и перспективы подготовки почвоведов в Иркутском государственном университете // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск (Россия), 16–22 авг. 2011 г. Иркутск : ОТ «Перекресток», 2011. С. 2–6
3. Гранина Н. И., Шеин Е. В. Международная конференция "Почвы как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем" // Почвоведение. 2007. № 3.
4. Granina, N. I. , Shein, E. V. The international conference "Soil as a Link in the Functioning of Natural and Anthropogenically Modified Ecosystems" // Eurasian Soil Science. 2007. Vol. 40, N 3. P. 350.

SOIL SCIENCE AND THE SCIENCE OF LAND MANAGEMENT AT IRKUTSK STATE UNIVERSITY

Granina N. I.

Irkutsk state University, Irkutsk, granina_n@list.ru

There were considered the history of the Department creation of Soil Science and Land Resources Evaluation of ISU, the history of it's scientific researches of Eastern Siberia and the Baikal region soil's cover and directions for specialist 's training.

The long history of soil department' development and it's highly professional staff were contributed to the forming of various scientific fields of researches at the region and different training forms.

Today, at the labor market it is clear needless for qualified specialists of soil scientists, ecologists, agricultural workers. Department of Soil Science and Land Resources Evaluation of Irkutsk

State University since 1931 provides training services for environmental control and monitoring, for land management and environmental protection' enterprises.

At the last decade the most popular became the specialists in the field of land resources evaluation and management.

There are three stages of learning for specialist's preparing at Soil Science department of ISU today: 1) Bachelor of Soil Science, the profile of "Land Management"; 2) Master of Soil Science, the program of "Land Registry and Soil Certification"; 3) post-graduate student of Biology, direction "Soil Science".

Today there are more than ever important the efforts of Soil Science Department for prestige and social importance improvement, for implementation of fundamental scientific knowledge and researches in the field of soil science into production, soil cover protection and land management.

ТИПОЛОГИЯ ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТОВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ¹

Б. Ф. Апарин^{1,2}, Е. Ю. Сухачева^{2,1}

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²ФГБНУ ЦМП им. В. В. Докучаева, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru

В России около 70 % населения проживает в городах. Концентрация населения, прогрессивный рост продуктов метаболизма, связанный с жизнедеятельностью человека, приводят к росту экологической напряженности. Экологические основы качества жизни городского населения тесно связаны с состоянием почв и почвенного покрова, выполнением ими экологических функций.

Спектр гумусовых (и органогенных) горизонтов почв мегаполиса разнообразен. Они отличаются как по происхождению и механизмам образования (естественные, антропогенно-измененные, педо-аллохтонные [1]), так и по строению, составу и свойствам. Последние, с одной стороны, наследуют свойства естественных почв, а с другой – связаны с деятельностью человека.

Задачи типологии. Типология включает определение подходов (принципов) типизации, номенклатуры таксономических единиц, выбор и ранжирование параметров гумусовых (и органогенных) горизонтов, собственно типизацию, исследование педотрансферных функций, создание эталонной модели. Задачей типологии гумусовых горизонтов является типизация горизонтов и оценка эффективности выполнения ими экологических функций. Поскольку городские почвы имеют специфические особенности строения и свойств, перспективен подход к их рассмотрению как особых биогеомембран (БГМ).

Городские почвы как биогеомембраны. Под БГМ понимается почвенный слой, обладающий свойствами и функциями мембраны. БГМ регулирует обмен веществом и энергией между всеми компонентами природной среды. Все БГМ имеют пористое строение и твердо-жидко-газовое состояние. Как и любая мембрана, БГМ характеризуется проницаемостью, структурной устойчивостью и относительной стабильностью параметров функционирования.

Потоки вещества через БГМ формируются за счет поступления в почву: а) твердых, жидких и газообразных веществ из атмосферы, б) жидких и газообразных веществ из грунтовых вод, в) веществ, образующихся в результате метаболизма живых организмов и почвенных процессов. Проходя через мембрану, вещества полностью или частично изменяют свой состав и свойства. Это происходит в результате разнообразных межфазных взаимодействий, включая комплексообразование, сорбцию, растворение, выпадение в осадок, избирательное поглощение корнями растений, обмен с почвенно-поглощающим комплексом. Способность БГМ поглощать, избирательно обменивать, трансформировать, перераспределять, регулировать и генерировать новые вещества разли-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ. Грант 15-04-04-606

чается в зависимости от строения, мощности, состава почвы, параметров транспортной системы.

Необходимым условием отнесения поверхностных тел мегаполиса к БГМ является наличие органогенного или органоминерального слоя естественного происхождения, обладающего плодородием, на их поверхности. Общим признаком БГМ мегаполиса является сочетание свойств двух или более мембран, включая привнесенный гумусовый, торфяной, органо-минеральный горизонты, и подстилающую естественную или искусственную минеральную толщу.

Ранжирование экологических функций БГМ мегаполисов производится по их вкладу в обеспечение качества жизни населения.

Главными функциями БГМ урбоэкосистем являются поглощение и адсорбция продуктов метаболизма мегаполиса (твердых, жидких, газообразных), преобразование поллютантов и их транспорт за пределы почвенного профиля. Поглотительная способность городских почв связана с удельной поверхностью и структурой порового пространства верхней части БГМ – гумусового горизонта. Эффективность выполнения БГМ функции очистки урбоэкосистемы от поллютантов зависит от наличия геохимических и геофизических барьеров в профиле, характеристик почвенно-поглощающего комплекса, степени проточности почвенной влаги, глубины уровня грунтовых вод. Городская почва как биогемембрана преобразует поступающие в нее вещества различной природы и изменяет их миграционную способность. Процессы разрушения, сорбции и десорбции, растворения, окисления-восстановления, комплексообразования зависят от фракционно-группового состава гумуса, кислотно-основных свойств почвы, окислительно-восстановительных условий, биологической активности.

Следующая по значению функция городских БГМ – санитарная. Благодаря этой функции происходит минерализация поступающих в почву органических веществ растительного и животного происхождения, разрушение нефтепродуктов и других органических загрязнителей. Почва обладает механизмами подавления активности и жизнедеятельности болезнетворных организмов, постоянно попадающих в нее в городской среде. В осуществлении этой функции важнейшая роль принадлежит почвенному биоценозу. Эффективность функции зависит от количества живых организмов в почве, разнообразия их функциональных групп, структуры микробиома и биологической активности. Почва адсорбирует патогенные микроорганизмы, очищая от них биологическую сферу жизнедеятельности человека.

Почва является приемником жидких осадков и хранилищем влаги. Благодаря этой функции происходит регулирование относительной влажности воздуха, отвод избытка влаги с поверхности почвы в грунтовые воды, формирование продуктивных влагозапасов. Эффективность выполнения этой функции зависит от водно-физических свойств зоны аэрации БГМ.

Между почвой и приземным слоем воздуха происходит постоянный газообмен. Сток и эмиссия газов почвами является важным регулятором состава атмосферного воздуха в мегаполисе. Они обусловлены биологической активно-

стью почвы, разнообразием микрофлоры, водно- и воздушно-физическими свойствами почвы.

В «каменном» городе в летний период почвы выполняют важную терморегулирующую функцию. Эффективность теплообмена почвы с атмосферой зависит от теплоемкости, тепло- и температуропроводности почв.

В обеспечении экологических основ качества жизни населения незаменимую роль играют зеленые насаждения. Их состояние и занимаемая площадь, приходящаяся на одного человека, связаны с воспроизводством почвенного плодородия, являющегося базовой функцией биосферы. Ежегодное (весеннее) возобновление фитоценозов происходит благодаря осуществлению функции почвы как своеобразной памяти ландшафта. В почве сохраняются семена и семязачатки растений, корневые системы. Качество воспроизводства плодородия обусловлено свойствами и режимами не только корнеобитаемой зоны, но и всего почвенного профиля. Эффективность выполнения всех рассмотренных функций зависит от особенностей строения и свойств БГМ, как унаследованных от естественных почв, так и приобретенных в результате деятельности человека.

Теоретические основы типизации. В качестве методологической основы типизации приняты следующие принципы:

- принцип генетичности – за базовый уровень типизации принимается происхождение и механизм формирования гумусового горизонта;
- принцип функциональности – типизация ориентирована на определение свойств гумусового горизонта как БГМ;
- принцип оптимальности – для типизации отбираются такие характеристики гумусового горизонта, которые позволяют определить параметры и свойства БГМ;
- принцип дополнительности – использование педотрансферных функций (эмпирические зависимости, позволяющие восстанавливать основные гидрофизические характеристики почв) [2] для получения дополнительной информации о БГМ;
- принцип иерархичности – таксономические единицы типизации образуют соподчиненный ряд характеристик гумусового горизонта по объему и значимости (эффективности выполнения экологических функций).

Таксономические уровни типизации. Исходя из принципов, приняты следующие уровни, образующие иерархическую систему типизации.

Уровень 1. Типы гумусовых (или органогенных) горизонтов (серогумусовые, темногумусовые, стратифицированные гумусовые, агрогумусовые, торфяные, торфяно-минеральные, перегнойные, гумусовые педоаллохтонные и др.) выделяются в рамках 3 групп городских почв: естественные, антропогенно-измененные, педоаллохтонные.

Уровень 2. Мощность гумусового горизонта (или органогенного).

Уровень 3. Содержание органического вещества.

Уровень 4. Гранулометрический состав (содержание скелета, физического песка, илистой фракции).

Уровень 5. Сложение почвы.

Уровень 6. Кислотно-основная характеристика.

Уровень 7. Элементы пищевого режима (низко-, средне-, высокообеспеченные).

Уровень 8. Загрязнение (химическое, биологическое).

Параметризация БГМ. Каждый таксономический уровень типизации несет определенный объем информации о свойствах БГМ, определяющих депозитарную, трансформирующую, проводящую, обменную функции. Эту информацию можно получить на основе изучения педотрансферных функций.

Модель эталонной БГМ – это система параметров, характеризующих высокую эффективность выполнения гумусовым горизонтом (БГМ) экологических функций. Модель разрабатывается с учетом реальных значений метаболизма мегаполиса и климатических характеристик.

Оценка гумусового горизонта как БГМ в эффективности выполнения экологических функций. Это завершающий этап типологии. Оценка осуществляется на основе сравнения параметров модели эталонной БГМ с параметрами, полученными на основании исследований свойств гумусовых горизонтов мегаполиса.

Типизация гумусовых горизонтов (и органогенных) почв мегаполиса должна лежать в основе мероприятий по достижению эффективного выполнения почвами их экологических функций.

Литература

1. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю. Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790–802.
2. Теории и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. М. : «Гриф и К», 2007. 616 с.

TYPIFICATION OF HUMUS HORIZONS OF URBAN SOILS

B. F. Aparin^{1,2}, E. Yu. Sukhacheva^{1, 2}

*¹Saint Petersburg State University, ²Dokuchaev Central Soil Science Museum,
St. Petersburg, soilmuseum@bk.ru*

Typology of humus horizons is to determine typification principles, select and put in order of the topsoil parameters, assessment methods of the execution ecological functions efficiency. Humus horizons are specific biogeomembranes transforming the urban metabolism products and changing their migration. Taxonomic levels forming a hierarchical system of typification were accepted. Such ones were types of humus horizons (gray humic, stratified humic, agro humic and other), soil depth, content of organic matter, mechanical composition, soil configuration, acid-base characteristics, food elements, pollution. Typification of humus horizons is a base of events to achieve ecological bases of the high quality of human life.

ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ И УРБОСЕДИМЕНТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ: СТАРАЯ ЛАДОГА, РОСТОВ ВЕЛИКИЙ

Александровский А. Л., Александровская Е. И.

Институт географии РАН, Москва, alexandrovski@igras.ru

Урбоседименты (культурный слой) древних городов представляют собой мощные почвоподобные образования в максимальной степени преобразованные под действием человека [8]. Вместе с тем, их морфология, свойства и пространственные различия во многом определяется теми же факторами, которые формируют современные почвы и с которыми связаны пространственные различия почвенного покрова суши.

Формируются УС в результате длительного накопления остатков построек и бытовых отходов и их изменения под воздействием процессов почвообразования и выветривания. Источники поступления материала и процессы его трансформации различаются зависимости от биоклиматических условий [9]. В условиях гумидного климата и лесной растительности (Москва, Ярославль, Тверь и др.) на дневную поверхность в основном поступают древесные остатки. Затрудненный дренаж и высокий уровень грунтовых вод вызывают замедление деструкции органического вещества (ОВ), в результате чего формируется органический торфообразный слой, насыщенный остатками древесины: Великий Новгород, Старая Русса и др. [3]. В нем, помимо обломков керамики, древесного угля и кости, встречаются артефакты из дерева и другого ОВ.

В условиях засушливого климата и степной растительности формирование урбоседиментов идет за счет поступления остатков построек из глины, кирпича, извести: Фаногория, Тамань-Гермонасса и др. [2]. Здесь ОВ быстро разлагается, поэтому культурный слой обычно представлен минеральной лёссообразной массой, также содержащей многочисленные артефакты и антропогенные остатки.

Еще одной особенностью почв и УС древних городов, в сравнении с естественными почвами и отложениями, является их обогащенность карбонатами, фосфором, а также тяжелыми металлами и другими микроэлементами [4; 7]. Причем, в древних и мощных УС, накопление это более высокое, чем недавно освоенных территорий городов, и прослеживается на глубине, вплоть до самых ранних слоёв. Это связано с широким применением данных элементов в производственной и бытовой деятельности [1].

Старая Ладога и Ростов Великий относятся к наиболее древним русским городам [5; 6]. Для них, как и для многих других городов гумидных лесных геосистем, характерны мощные органические слои и высокие концентрации поллютантов.

Старая Ладога. Этот древнейший русский город располагается на низкой террасе левого берега р. Волхов, у впадения р. Ладожки. По данным археологии

Ладога возникла в VIII в. н. э. и является древнейшим русским городом [5]. Основные работы по изучению почв и культурного слоя проходили на Земляном городище в 2005–2013 гг., а также на другом берегу р. Ладозки на ул. Варяжской, в 2014–2015 гг. Цель работ – по материалам исследования погребенных почв и культурного слоя с помощью методов естественных наук реконструировать ранние этапы истории города и его предысторию. Основные методы – палеопочвенный, антропохимический и радиоуглеродное датирование.

Погребенная почва, обнаруженная под культурным слоем мощностью до 4–5 м, сформирована на отложениях Ладозской трансгрессии. Эти отложения представлены сапропелем, который характеризуется высоки содержанием фосфора, в верхней части гумусированным. Поэтому почва также обогащена фосфором, темноокрашенная, сильно гумусированная. Почва несомненно отличалась высоким плодородием. В большинстве случаев она имеет пахотный горизонт мощностью от 12 до 15 см, и характеризуется ровной нижней границей с резким переходом подпахотному горизонту (плужная подошва). В раскопе 5 (2013 г.) на горизонтальной зачистке по нижней границе пахотного горизонта обнаружены борозды пахотного орудия. По уголькам из пахотного горизонта получены даты, основная часть которых помещается в интервале 1415 ± 90 – 1480 ± 140 л. н. (Ki-17316, Ki-18445). По гумусу пахотного горизонта получена дата 1600 ± 80 лет (Ki-16931).

Культурный слой на Земляном городище разделяется на две части. Нижняя, постоянно переувлажненная, представлена органическим слоем, в котором содержание ОВ превышает 50 %. Выше, над уровнем стояния грунтовых вод грубое органическое вещество разлагается, гумифицируется, в результате чего органический слой преобразуется в органо-минеральный.

Накопление культурного слоя проходило с перерывами. Это характерно для многих городов, в том числе и для нижнего органического слоя Старой Ладого. Так, в раскопе 4, кв. Е-ХIII, обнаружены 4 самостоятельных почвы, длительность формирования каждой из которых составляет 30–50 лет. В почвах, располагающихся в пределах органического слоя, появляется комковатая структура, копролиты. Происходит снижение содержания органического вещества, за счет разложения грубых органических остатков, их частичной минерализации и процессов гумификации. В связи с этим значения потери при прокаливании и содержания органического углерода могут существенно варьироваться (табл. 1).

В большинстве случаев слои Старой Ладого характеризуются высоким содержанием фосфора и кальция (табл. 1). Причем источником накопления кальция здесь являются не карбонаты, а фосфат кальция, поступающий в культурный слой с костью. Об этом свидетельствует определенная корреляция в содержании двух рассматриваемых элементов. Содержание карбонатов невысокое и повышается только в слоях золы и в морене.

Таблица 1

Средние значения показателей состава почв и культурного слоя

Образец, горизонт	Мощность, см	ППП, %	ОС, %	P ₂ O ₅ , %	Ca-CO ₃ , %	SO ₃ , %	Cu, ppm	Zn, ppm	Pb, ppm
Ладога, МС	100	-	3–10	1–2	0,5	0,3	30	180	25
Ладога, ОС	170	30–70	15–30	3–8	3–15	7,0	100	450	20
Ладога, палеопочва	10–20	-	6–11	0,9	0,35	0,2	25	250	10
Ростов Великий, МС	150–200	5–10	4–8	1,5	1,8	0,7	30	100	90
Ростов Великий, ОС	160–220	40–65	12–30	2,5	1,4	6,0	35	180	40
Ростов, палеопочва	40–50	-	7	0,8	1,0	0,1	15	50	20
Сельские поселения	20–30	3–7	2–3	0,5	0,0	0,0	12	50	10

ППП – потеря при прокаливании; МС – минеральный слой, ОС – органический слой.

Древние культурные слои, также перекрывающие погребенную почву с пахотным горизонтом, обнаружены и на другом берегу р. Ладожки. Здесь на краю террасы, в условиях свободного дренажа, происходит более интенсивное разложение материала органического слоя, его мощность существенно снижается. Содержание органического углерода снижается и не превышает 5 %, содержание фосфора и карбонатов остается на том же уровне. Резко убывает содержание SO₃, в среднем 0,3 %. Отмечается более высокое содержание меди и цинка, что может быть связано с расположением здесь в прошлом каких-то производств. Как и на Земляном городище свинец обнаруживается только в слоях 2–3 последних веков, ниже, его содержание в мелкоземе (как и в подавляющем большинстве случаев) постепенно сокращается.

Ростов Великий. Сложная история развития Ростова Великого определила появление здесь двух зон с разной историей урбоседиментов. Для центральной части города характерны мощные отложения органического слоя, перекрытые слоем органо-минерального состава. Также имеется обширная территория, входившая в состав города XI–XIII вв., но которая затем была заброшена. Здесь, в раскопе РФ9, исследован разрез, в строении которого отражена история развития территории на окраине Ростова в течение средневековья и нового времени. В течение голоцена здесь сформировалась почва с темноцветным гумусовым горизонтом (она сохранилась в центральной части Ростова Великого, и исследована на раскопках в Кремле и на Конюшенном дворе). На этой почве в XI–XIII(XIV) вв. накопился органический слой, видимо, идентичный тому, который обнаруживается в центральной части города. Однако на окраине он был не таким мощным. В период XIV–XVIII вв. отложение культурного слоя прекратилось, территория долгое время пустовала и возможно использовалась в качестве с-х угодий (луг, пашня). За эти 500 лет культурный слой разложился и перемешался с материалом темноцветной палеопочвы, в результате чего сформировалась мощная антропогенная почва – антросоль. С XVIII–XIX вв. застройка возобновляется и почву перекрывает типичный городской слой мощностью 100–120 см, неоднородный, слабо переработанный педогенезом.

Погребенная почва (Антросоль) представлена мощным, до 80 см, гумусовым горизонтом. Почвенная масса, в отличие от вышележащего культурного

слоя, гомогенная, цвет темносерый к черному, структура комковатая; верхняя часть профиля имеет признаки распашки. Переход к бурому горизонту Bt относительно резкий. Прослеживаются остатки ям XI–XIV вв., прорезающих весь гумусовый горизонт почвы. В течение XIV–XIX вв., под воздействием почвообразовательных процессов культурный слой полностью утратил остатки грубого органического вещества (они хорошо сохранились в мощном культурном слое в центре города). В результате перемешивания материала исходной почвы и культурного слоя остатки кости и древесного угля проникают до самого основания Антросоли. Перемешиванию и разложению грубого органического вещества верхней части культурного слоя способствовала распашка, следы которой прослеживаются по изменению структуры. Также большую роль в гомогенизации профиля почвы играла деятельность корней растений, червей и другой почвенной фауны.

Вся прогумусированная часть профиля почвы слабо вскипает от HCl. Содержание Сорг 3–7 %, фосфора 1–1,8 %, Карбонатов 1–2 %, они попали в рассматриваемую толщу еще в период накопления культурного слоя (11–14 вв.), но частично могли быть смыты позже, после отложения на поверхности почвы молодого культурного слоя XVIII–XX вв. В пределах ОС были обнаружены прослой с углями и золой. В них наблюдается вскипание от соляной кислоты, содержание карбонатов повышено.

Как показали исследования почвы в раскопе у Георгиевской церкви в Кремле, лесной стадии почвообразования, вероятно предшествовала степная (лугово-степная) среднеголоценового возраста. На это указывают достаточно древние радиоуглеродные даты темноцветных гумусовых горизонтов этих почв. По гумусу погребенной почвы (антросоли) получено три даты. Они свидетельствуют о сильном омоложении гумуса под воздействием культурного слоя. Даты из наименее трансформированной темноцветной почвы из Ростовского Кремля древние: 7810 ± 120 и 4010 ± 100 лет назад (Ki-10516, 10517). Даты почвы на Конюшенном дворе также были еще достаточно древними (1990–4630 лет), хотя влияние культурного слоя здесь прослеживается отчетливо. В почве из раскопа РФ9 даты соответствуют в основном материалу культурного слоя (370–830 лет) и только в нижнем слое прослеживается роль гумуса исходной почвы. Но и здесь участие древнего гумуса палеопочвы крайне невелико.

Таблица 2

Радиоуглеродный возраст гумуса антропогенной почвы

Горизонт	Глубина, см	Индекс	¹⁴ C дата, лет назад	Калиброванный возраст, лет н. э. /до н. э.
А/КС	112–120	Ki-19092	370 ± 60	1σ 1451–1629 н. э.
А/КС	140–150	Ki-19099	830 ± 50	1σ 1169–1258 н. э.
А/КС	173–180	Ki-19098	1250 ± 60	1σ 681–859 н. э.

Литература

1. Александровская Е. И., Александровский А. Л. Историко-географическая антропология. М. : НИИ-Природа, 2003. 204 с.
2. Почвы и культурные слои древних городов юга Европейской России / А. Л. Александровский, Е. И. Александровская, А. В. Долгих, И. В. Замотаев, А. Н. Курбатова // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1201–1301.
3. Долгих А. В. Александровский А. Л. Почвы и культурный слой Великого Новгорода // Почвоведение. 2010. № 4. С. 515–526.
4. Евдокимова А. К. Тяжелые металлы в культурном слое средневекового Новгорода // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, геогр. 1986. № 3. С. 86–91.
5. Кирпичников А. Н. Раннесредневековая Ладога (итоги археологических исследований) // Средневековая Ладога. Новые археологические открытия и исследования. Л., 1985. С. 3–26.
6. Леонтьев А. Е., Самойлович Н. Г. Керамика Ростова X-XIII вв. // Керамика раннего железного века и средневековья Верхневолжья и соседних территорий. Тверь, 1991. С. 56–66.
7. Прокофьева Т. В., Строганова М. Н. 2004. Почвы Москвы (почвы в городской среде, их особенности и экологическое значение). М. : ГЕОС. 60 с.
8. Alexandrovskaya E. I., Alexandrovskiy A. L. History of the cultural layer in Moscow and accumulation of anthropogenic substances // Catena. 2000. Vol. 41. N 1–3. P. 249–259.
9. Alexandrovskiy Al. L., Dolgikh A. V., Alexandrovskaya E. I. Pedogenic Features of Habitation Deposits in Ancient Towns of European Russia and their Alteration under Different Natural conditions // Boletin de la Sociedad Geologica Mexicana. 2012. Vol. 64, N 1. P. 71–77.

ПРОЕКТ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Безуглова О. С.¹, Чернова О. В.²

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, lola314@mail.ru

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, ovcher@mail.ru

Почва – главная экологическая ниша большинства организмов суши Земного шара, и охрана растений и животных теряет смысл без сбережения базиса их существования – почвы [9]. Как справедливо отмечено в статье Г. В. Добровольского с соавторами [5], создание Красной книги почв можно рассматривать как прикладную задачу почвоведения. Однако решение ее возможно только на основе теоретических разработок и фактического материала, полученного в ходе развития почвоведения и смежных наук, в том числе с учетом региональных особенностей почвенного покрова.

Почва, как естественноисторическое тело, обладает рядом специфических особенностей, не позволяющих применять при создании Красной книги почв принципы построения и правила ведения, выработанные для Красных книг животных и растений. К таким специфическим особенностям следует отнести, прежде всего, отсутствие обособленности от других почв и природных тел, и связанная с этим постепенность переходов от одного почвенного типа к другому. Осложняет задачу и масштабность объекта охраны. Так, при необходимости введения ограничений, соответствующих статусу краснокнижного объекта, для почв, являющихся основой почвенного покрова крупных регионов, например, черноземов, законодатель сталкивается с невозможностью изъятия огромных территорий из сельскохозяйственного оборота. Именно поэтому при разработке проекта Красной книги почв возникает необходимость решения ряда проблем, связанных с выбором исходного объекта охраны.

Эффективная защита уникального почвенного покрова того или иного региона невозможна без законодательной и научной основы, и именно такую роль призваны сыграть региональные Красные книги почв. Причем, в каждом регионе возможны какие-то особенности, обусловленные специфичностью почвенного покрова региона, но в то же время необходимы единые принципы составления таких документов для всей страны [4; 6; 7; 10; 13; 12; 16].

При этом возможны различные подходы к воплощению идеи создания региональных Красных книг почв. Вероятно, самый реализуемый путь основан на изучении и сохранении ценных почвенных объектов в уже существующей системе охраняемых территорий [14]. В этом варианте назначение ООПТ – сохранение, наряду с уникальными растительными объектами и животным миром, естественных почв региона, нуждающихся по тем или иным причинам в специальной охране. Одновременно почвы таких объектов могут служить эталонами, своеобразными точками отсчета для ведения мониторинга распаханых почв. Развитие этого направления предполагает пополнение сети охраняемых природных территорий ценными почвенными объектами [8], и даже включение в

состав эталонов пахотных почв, как это сделано в Красной книге почв Республики Татарстан [1].

Выбор объектов для внесения их в Красную книгу почв в условиях степной зоны очень непростая задача. Ростовская область наряду с другими субъектами ЮФО характеризуется высоким коэффициентом распаханности территории – 65,5 %, при этом для почв, имеющих высокий балл бонитета, этот показатель еще выше. Так, распаханность черноземов обыкновенных составляет 80,9 %, черноземов южных – 69,7.

Уникальность почвенного покрова Донского региона [2] не оставляет сомнения в необходимости создания в Ростовской области Красной книги почв. Работа в этом направлении была начата еще в начале 90-х годов прошлого столетия. Были выделены 32 объекта, в число которых вошли территории с заказным режимом («Персиановская степь», «Приазовская степь», «Дубрава им В. В. Докучаева», «Романовское урочище»), 11 государственных сортоиспытательных участков, почвенный покров которых характеризуется относительной однородностью и представлен основными типами почв Ростовской области (черноземы обыкновенные и южные, лугово-черноземные почвы, каштановые почвы разных подтипов). По всей области было отобрано несколько лесхозов, в качестве территорий, характеризующихся наличием участков с наименьшей степенью антропогенной нарушенности.

Для оценки антропогенных нарушений в экосистемах требуются точки отсчета, которыми могут стать характеристики природных эталонов. Однако четкие представления о том, какие природные объекты должны быть признаны эталонными, отсутствуют, поэтому, обращаясь к этой проблеме, специалисты обычно действуют интуитивно. Европейским агентством по окружающей среде, целью которого является гармонизация подходов к ведению мониторинга, регулярные комплексные наблюдения за состоянием почв рекомендовано приурочить к фиксированным площадкам, выбранным с учетом разнообразия природных и антропогенных условий. Наиболее развитые и научно обоснованные системы площадок комплексного мониторинга существуют в Венгрии, Нидерландах, Норвегии, Словакии.

Достаточно объективными эталонами в почвенном мониторинге могут быть целинные почвы. В России, располагающей сетью природных заповедников, охватывающей все природные зоны страны, было бы логичным сеть природных эталонов приурочить к особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Эталонные биогеоценозы с соответствующими почвами могут быть выделены в заповедниках и в зонах строгой охраны национальных парков и использованы в качестве площадок стационарных исследований и образцов для сравнения с антропогенно-преобразованными аналогами. В идеальном случае в пределах ООПТ следует подобрать, описать и исследовать ареалы нескольких наиболее типичных почв региона, а их характеристики использовать в качестве фоновых при экологическом мониторинге [17].

Во исполнение этого направления исследований по созданию Красной книги почв в Ростовской области намечено провести почвенное обследование

ряда ОППТ федерального и регионального уровня. Работа эта начинается практически с нуля, так как сведения о почвенном покрове большинства ООПТ отсутствуют или носят самый общий характер (перечень типов почв, слагающих почвенный покров территории). На не вовлеченных в сельскохозяйственный оборот территориях нередко даже не проводились обязательные обследования, осуществлявшиеся почвоведом системы ГИПРОЗЕМов, а часть материалов была утрачена при расформировании этих институтов. Необходимо отметить, что охранный статус большинство ООПТ, из имеющихся на территории Ростовской области, получили по показателям, практически не связанным с особенностями почвенного покрова. Учитывались, прежде всего, разнообразие растительного мира, орнитофауны, чешуекрылых насекомых и рукокрылых животных. Из почвенных характеристик решающую роль играла необходимость защиты почв от эрозии, так как многие объекты – это овражно-балочные системы.

Именно поэтому в Ростовской области при сохранении природного разнообразия почв и создании системы эталонов для сравнения с почвами, испытывающими прессинг сельскохозяйственной нагрузки, имеет смысл ориентироваться на охраняемые участки небольших размеров, обеспечив режим их использования, гарантирующий сохранение почвы с естественным или восстановленным растительным покровом. Хотя небольшие разрозненные участки не могут в полной мере выполнять функции эталонов природы, их ресурсосберегающую и охранную роль в регионах с высокой сельскохозяйственной освоенностью трудно переоценить. Отвечающие подобным требованиям территории в условиях повсеместной распашки найти сложно, но, как показал опыт работы по Ростовской области над созданием Красной книги почв России, наиболее реальный путь выделения таких эталонных участков – использование земельных фондов лесхозов, на территории которых сохранились площади практически в целинном состоянии. Такие эталонные почвы вполне могут служить фоновыми вариантами для сравнения с аналогичными загрязненными и деградированными почвами при локальном мониторинге. После установления пределов естественного варьирования характеристик этих почв будет разработан алгоритм их использования в качестве точек отсчета при ведении почвенного мониторинга.

Таким образом, в настоящее время существует настоятельная потребность разработки принципов выделения нуждающихся в охране почв для занесения их в Красные книги субъектов РФ с учетом региональных особенностей почвенного покрова. Предполагается, что Красная книга почв должна включать различные категории естественных почв, среди которых основными являются следующие: 1) эталоны (основные, дополнительные, эталонные комплексы); 2) редкие почвы; 3) исчезающие почвы [5].

При создании Красных книг почв России и достаточно крупных ее субъектов для выбора пространственных выделов со сходной структурой почвенного покрова и определения их границ удобно опираться на карту почвенно-экологического районирования Российской Федерации М: 1:2 500 000 [15]. А

для такого региона, как Ростовская область задача облегчается наличием электронного атласа почв [11].

В рамках поставленных задач в работе над созданием Красной книги почв Ростовской области предполагается использовать подход, суть которого заключается в накоплении почвенной информации в виде распределенной базы данных и использовании информационного обмена в сети Интернет для получения актуальной аналитической информации [3]. Этот подход принципиально сходен с международными проектами, соответствует современным тенденциям в этой области, но учитывает особенности региона и имеющийся задел. Для создания крупномасштабных почвенных карт особо охраняемых и заповедных природных территорий и формирования легенд этих карт (реестров эталонных почв) предполагается совместное использование векторизованных архивных почвенных карт, данных обследований прошлых лет, а также результатов современных наблюдений. Аналогичные подходы активно разрабатываются в мировом почвоведении [18]. Для актуализации архивной информации границы почвенных контуров крупномасштабных почвенных карт, а также границы участков особо охраняемых природных территорий областного подчинения будут векторизованы и скорректированы в соответствии с космическими снимками.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

Литература

1. Красная книга почв Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Н. А. Бережная, Б. Р. Григорьян, Д. В. Иванов, В. И. Кулагина; под ред. Д. В. Иванова. Казань : Фолиант, 2012. 192 с.
2. Безуглова О. С. Опыт создания Красной книги почв в условиях повсеместной распашки // Красная книга почв и ее значение для охраны почвенного покрова : материалы всерос. науч. конф. Ялта, 2015. С. 87–89.
3. Технологии и стандарты в информационной системе почвенно-географической базы данных России / О. М. Голозубов, В. А. Рожков, И. О. Алябина, А. В. Иванов, В. М. Колесникова, С. А. Шоба // Почвоведение. 2015. № 1. С. 1–10.
4. Григорьян Б. Р., Кулагина В. И., Карпов А. В. Концептуальные подходы к созданию и ведению Красной книги почв Ульяновской области // Вестн. Ульянов. ГСХА. 2015. № 3. С. 17–21.
5. Принципы выбора эталонных объектов при создании Красной книги почв России / Г. В. Добровольский, О. В. Чернова, О. В. Семенюк, Л. Г. Богатырев // Почвоведение. 2006. № 4. С. 387–395.
6. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д., Орлов В. И. Нужна Красная книга почв // Химия и жизнь. 1984. № 5. С. 56–57.
7. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М. : Наука, 1990. 261 с.
8. Красная книга почв Оренбургской области / А. И. Климентьев, А. А. Чибилев, Е. В. Блохин, И. В. Грошев. Екатеринбург : УрО РАН, 2001. 295с.
9. Красная книга почв России / под ред. Г. В. Добровольского, Е. Д. Никитина. М. : МАКС-Пресс, 2009. 575 с.
10. Крупеников И., Родина А. Красная книга почв // Сельское хозяйство Молдавии. 1986. №4. С. 14–15.

11. . Атлас почв Ростовской области [Электронный ресурс] / Крыщенко В. С., Безуглова О. С., Голозубов О. М., Литвинов Ю. А. №18170. Свидетельство о регистрации от 27 апреля 2012 г.
 12. Куксанов В. Ф., Климентьев А. И., Куксанова Е. В. Особая охрана почв Оренбургской области: научно-правовые аспекты // Вестн/ ОГУ. Естеств. науки. 2014. №1 (162). С. 113–117.
 13. Красная книга почв Белгородской области / В. Д. Соловиченко, С. В. Лукин, Ф. Н. Лисецкий, П. В. Голеусов. Белгород : Изд-во БелГУ, 2007. 139 с.
 14. Ташнинова Л. Н. Красная книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста : АПП "Джингар", 2000. 216 с.
 15. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации М: 1:2 500 000 / Урусевская И. С., Алябина И. О., Винюкова В. П., Востокова Л. Б., Дорофеева Е. И., Шоба С. А., Щипихина П. С. Под ред. Г. В. Добровольского, И. С. Урусевской. М. : ООО "Талка+", 2013. 16 с.
 16. Чернова О. В. Проект Красной книги почв России // Почвоведение. 1995. №4. С. 514–519.
 17. Чернова О. В. Эталонные функции почв особо охраняемых природных территорий и объектов Красной книги почв // Красная книга почв и ее значение для охраны почвенного покрова : материалы всерос. научн. конф. Ялта, 2015. С. 51–54.
 18. Using model averaging to combine soil property rasters from legacy soil maps and from point data / Brendan P. Malone, Budiman Minasny, Nathan P. Odgers, Alex B. McBratney // Geoderma. 2014. Vol. 232–234. P. 34–44.
-

THE PROJECT FOR THE RED LIST OF SOILS IN ROSTOV REGION

Bezuglova O. S. ¹ Chernova O. V. ²

¹*Southern Federal University, Rostov-on-Don, lola314@mail.ru*

²*Institute of Ecology and Evolution Problems named after A. N. Severtsov, Russian Academy of Sciences, Moscow, ovcher@mail.ru*

During the creation of the Red List of Rostov region soils it is proposed to allocate the ranges of reference soils within the existing protected areas of federal and regional levels. The results of soil survey in such areas will be organized in the form of GIS distributed database, and soil characteristics can be taken for reference when compared with those involved in agricultural use. The main reserve of minimally disturbed soil to include in the Red List of Rostov region soils are the lands of forestry enterprises, within which some sites in almost virgin state are still preserved.

ОПЫТ ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗОНАХ ИНТЕНСИВНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Белозерцева И. А. ^{1,2}

¹Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

²Иркутский государственный университет, Иркутск, belozia@mail.ru

Предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности являются основными субъектами нарушения почвенного покрова в Сибири. Приведем некоторые результаты исследований в зонах интенсивного природопользования. Горнопромышленный комплекс представляет собой опасный источник разрушения и загрязнения почв. Особенно это хорошо видно на примере территорий добычи нефти, газа, угля. Наибольших масштабов воздействия горнопромышленный комплекс приобретает в связи с авариями, разливами нефти, утечкой газа. В результате проведенных совместно с сотрудниками ИГ СО РАН почвенно-геохимических исследований выявлено, что почвы большинства буровых площадок газоконденсатного месторождения на территории Ленно-Ангарского плато относятся к слабо загрязненным, когда превышение содержания ряда элементов (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Ba) равно 1,5–2 ПДК. Почвы буровых площадок в центральной, наиболее освоенной части газоконденсатного месторождения, где концентрация элементов первого класса опасности (Pb и Zn) превышает ПДК в 3–7 раз, относятся к категории сильного загрязнения.

Наряду с техногенным источником солевого загрязнения имеет место также природный источник – пластовые рассолы, свойственные гидрогеологической среде данного района. При глубинном бурении случаются аварийные выбросы напорных подземных вод. Сильная минерализация выявлена в почве вблизи нерекультивированной буровой скважины в верховьях р. Типуй (1,7 %) и в районе буровой скважины № 18 (5,6 %), на которой произошла авария в 2004 г. Авария связана с выбросом на поверхность 2200 м³ напорного пластового высокоминерализованного рассола (рапы) с глубины около 2000 м (зона контакта бельской и усольской свит нижнего кембрия) и стеканием рапового потока в долину р. Орлингская Нюча. В пространственное распределение нефтепродуктов в почвенном покрове существенный вклад вносит их накопление в техноземах, в 2–10 раз превышающее фоновое содержание. Фоновое содержание нефтепродуктов в почвах территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения составляет 21,7 мг/кг. Очень высокое содержание нефтепродуктов, превышающее ОДК (1 г/кг) обнаружено в районе одной законсервированной буровой скважины.

Добыча россыпного золота в Восточном Саяне вызывает нарушение поверхности речных долин и загрязнение на многие километры поверхностных водотоков механическими примесями. Артели по добыче золота, которые находятся в Забайкалье, вскрывая и перемалывая десятки километров речных долин – оставляют «каменные сады», где наблюдаются многометровые отвалы

гравия, а реки разделены на сеть канав. За 20 лет работы ими преобразовано до неузнаваемости 70 % рек Кыринского района. Восстановление почв и растительности происходит чрезвычайно медленно благодаря засухе последнего десятилетия в Забайкалье. По результатам исследования физико-химических свойств почв в Забайкальском крае выявлено их подщелачивание в почвогрунтах после добычи золота и олова. Обнаружено повышенное содержание в грунтах отвалов после добычи олова – Fe, Mn, Cu, Pb, Cd и Zn. Содержание марганца здесь превышает ПДК в 1,8 раз, а свинца – в 11. Концентрации цинка превышают ОДК в 7,8 раз, а меди – в 2,5 раза их фоновые значения. В районе отвалов после добычи золота наблюдается повышенное содержание Mn и Ba, превышающее их фоновые концентрации в 1,6 – 3 раза.

В Восточном Саяне золото добывают методом кучного выщелачивания. Характерной особенностью данной технологии, определяющей её экологическую опасность, является использование высокотоксичного реагента – цианида натрия для извлечения золота из руды. Верхние горизонты слоисто-аллювиальной почвы вблизи золотодобывающего предприятия обогащены Fe, Ni, Cu, Cr, Ba, Pb и Mn. Концентрация последнего здесь в 2–5 раз выше, чем в гумусовом горизонте других почв. Содержание в органогенном слое Ni, Cu и Pb превышает ПДК и ОДК в 2–2,5 раза

Производства, загрязняющие окружающую среду, функционируют в Сибири уже десятки лет. В целом, в регионе находится 1/3 городов России с наиболее сильной степенью загрязнённости. Главные загрязнители почв урбанизированных территорий в Сибири – это тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты и их высокотоксичные производные. Самыми мощными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами в городах являются комбинаты черной и цветной металлургии, а в сельской местности – минеральные удобрения, содержащие эти металлы в качестве примесей.

Более 50 лет работает Иркутский алюминиевый завод (ИрАЛ). Наиболее экологически опасные загрязнители почвенной среды г. Шелехова – фтор и бенз(а)пирен максимально накапливаются в зоне ИрАЛ, достигая 10–14 ПДК, в санитарно-защитной зоне завода – 3–6 ПДК, в жилой части города – 1–2 ПДК, превышая фоновый региональный уровень. В зоне ИрАЛ по распределению в системе снег – почва химических элементов они делятся на три группы. Первая группа (F, Al, Na, Mn, Ba) характеризуется превышением концентраций в снеге над его фоновыми значениями в 50 и более раз, а в почве – превышением в 5 и более раз. Второй группе (Ca, Cu) свойственны превышения над фоном снега в 25–50 раз, почвы – в 3–5 раз; третьей группе (Co, Ni, Sr, Mg, Fe, Ti, V, Cr) – превышения фоновых концентраций в снеге менее 25 раз, а в почве – менее трех. В верхнем слое почв для большинства элементов $K_k < 5$, для Al, Na, Mn, Ba K_k равен 5–7, а для F – 20. Общий ареал загрязнения почв от Иркутско-Черемховского территориального промышленного комплекса протягивается с юго-востока на северо-запад на 60 км при ширине 10–15 км. В почвах накапливаются F, Al, Pb, Li, Mn, Cr, Co, Ni, Ba, Be, как следствие промышленных выбросов в атмосферу. Концентрация их в 3–20 раз выше фоновой.

Бессистемная раскорчевка лесов и распашка почв, расположенных на недопустимых по крутизне уклона, интенсивный выпас скота, несоблюдение противоэрозионных мер в регионах Сибири сказалось на усилении эрозионных процессов. На территории Бурятии в разной степени эродировано до 47 % сельскохозяйственных земель, а на Иркутско-Черемховской равнине – до 64 %. В целом по территории 25 % сельскохозяйственных угодий, в той или иной степени эродированы. Более половины сельскохозяйственных земель имеют сильную степень эродированности. Под действием эрозионных процессов сформировались почвы с плохими агропроизводственными свойствами и пониженной производительностью. Ухудшились физические, физико-химические биологические свойства почв, снизились урожаи сельскохозяйственных культур и ухудшилось их качество. Возросли площади бросовых земель в Сибири. Пахотные почвы, обладают в сравнении с исходными лесными почвами большей мощностью гумусового горизонта, но меньшим содержанием гумуса. Серые почвы после сведения лесной растительности и особенно после нескольких лет распаивания очень быстро утратили признаки оподзоленности. Структура темно-серых почв характеризовалась высокой водопрочностью в целом состоянии. Длительное использование почв под посев сельскохозяйственных культур привело к значительному ухудшению водопрочности.

Большинство распаиванных земель Сибири оказались мало пригодными для сельскохозяйственного использования. При применении минеральных удобрений в сибирских регионах наблюдается загрязнение почв Zn, Cu, Mn, Co, Cd, Hg и Pb. Минеральные и органические удобрения в большинстве случаев применяются без учета местных особенностей сибирских регионов. Слабое промывание почв способствует накоплению в почвах токсических веществ, привносимых с удобрениями, пестицидами, регуляторами роста.

Подавляющее большинство пастбищ в настоящее время представляют собой сложное сочетание нарушенных участков в различной степени. На локальных участках в огражденных пастбищах при оседлой форме скотоводческого хозяйства (при пастбищной нагрузке до 4 голов/га) наблюдается средняя степень деградации ландшафтов, при которой происходит уплотнение, например, серогумусовой почвы до $1,3 \text{ г/см}^3$ (при фоновых значениях – $0,94 \text{ г/см}^3$) и уменьшение продуктивности наземной массы разнотравно-злаковой степной растительности на 29,6 % (до 38 г/м^2).

По сравнению с сопредельной территорией, например с северной Монголией, где максимальная пастбищная нагрузка в 5 раз больше (более 10 голов/га), деградация ландшафтов в Бурятии еще не достигла критического уровня, при которой происходят необратимые изменения в ландшафтах. Однако неконтролируемое использование под выпас пастбищ с чрезмерной нагрузкой может привести к значительным нарушениям структуры и продуктивности растительных сообществ, механическому разрушению дернины, эрозии и уплотнению верхнего горизонта почв, микроотрасированию склонов и закорячиванию.

Опыт почвенно-геохимических исследований, проведенных в зонах интенсивного природопользования на территории Сибири позволил систематизиро-

вать данные по Байкальскому региону. По данным многолетних исследований с привлечением опубликованных материалов других организаций совместно с сотрудниками Байкальского института природопользования СО РАН и Института географии академии наук Монголии была построена карта деградации и загрязнения почв Байкальского региона (Рис.). Самые крупные природные подразделения территории – ландшафтно-геохимические области служат фоном, создающим те или иные условия устойчивости почв к антропогенным воздействиям. Более дробные подразделения территории – ландшафтно-геохимические провинции выделены по комплексу факторов потенциальной опасности загрязнения почв и их деградации в ходе разных видов природопользования. Важный фактор самоочищения почвенного покрова – водная миграция вещества (ВМВ). На созданной Карте деградации и загрязнения почвенного покрова выделенные природные провинции характеризуются сочетаниями основных генетических типов почв Байкальского региона. Интегральная характеристика почвенной среды, являющейся депонирующей в отношении загрязнителей, заключена в геохимических классах, обозначенных индексами типоморфных элементов: [Н], [Н-Са], [Са], [Н-Fe], [О-Fe] и др. Физико-географическая характеристика природных провинций, свойственные им сочетания доминирующих почв и геохимических классов, интенсивность миграции представлены в легенде. На основании этих главных критериев оценки самоочищающей способности почв с учетом размещения на территории функционирующих в настоящее время источников промышленных выбросов в окружающую среду, проведена оценка степени опасности ее техногенно-химического загрязнения. По интенсивности развития водноэрозионных, дефляционных процессов и соответственно разной нарушенности почвенного профиля, а также по результатам оценки площадного развития всех типов эрозии почв на карте показано три степени деградации земель: слабая, средняя, сильная.

На фоне установленной по природным факторам степени потенциальной опасности загрязнения почвенного покрова показаны основные источники техногенеза. На карте показаны зоны загрязнения почвенного покрова с превышением ПДК поллютантов, их валовые выбросы, промышленные источники и их вклад в загрязнение атмосферы. Ореолы загрязнения с 1–10-кратным превышением ПДК по сумме приоритетных токсичных химических элементов, оконтурены изолинией. Условными знаками отмечены земли горнодобывающей промышленности (карьеры, терриконы, отвалы и др.).

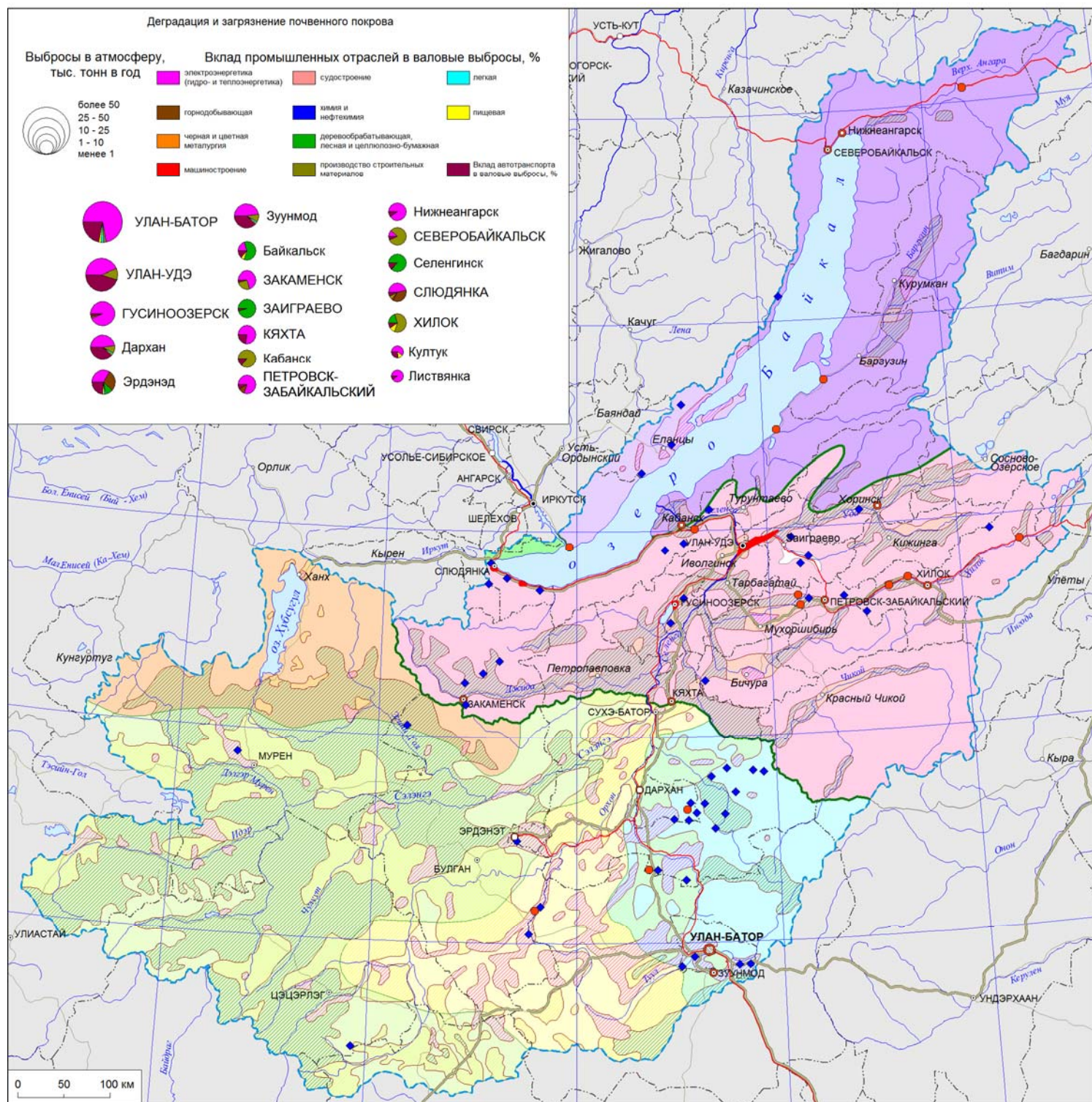


Рис. Деградация и загрязнение почв бассейна оз. Байкал

Легенда к карте

Природная дифференциация территории и потенциальная опасность загрязнения почв

Природная область	Природная провинция	Почвы	Геохимические классы	Интенсивность миграции вещества	Потенциальная опасность техногенно-химического загрязнения
Южносибирская	 Восточно-Саянская горно-таежная	Дерново-подзолистые, подзолы иллювиально-железистые, подбуры оподзоленные, грубогумусированные, в т. ч. перегнойные	Переходный от кислого к кальциевому в сочетании с кислым, [H-Ca] с [H]	Контрастная (от умеренной до высокой)	От умеренной до слабой
	 Хамардабано-Южнозабайкальская среднегорно-таежная, лесостепная и горно-котловинно-степная	Подбуры, дерново-подбуры, буроземы грубогумусовые, дерново-подзолы, подзолы, криоземы, литоземы, карболитоземы перегнойные, серые метаморфические, черноземы, черноземовидные, черноземы квазиглеевые, каштановые, светлогумусовые, аллювиальные местами солонцы и солончаки	Кислый, переходный от кислого к кальциевому и оксидно-железистый, кальциевый, местами солонцеватый и солончаковатый, [H, H-Ca, O-Fe], [Ca] и [Ca-Na-Cl, SO ₄]	Контрастная (от слабой до высокой)	От сильной до слабой
Байкало-Джугджурская	 Прибайкальская среднегорная, подгорная, низкогорная среднетаежная	Торфяно-подбуры, подбуры (в т. ч. оподзоленные), буроземы грубогумусовые, дерново-подбуры, дерново-подзолистые, каштановые	Кальциевый и переходный от кислого к кальциевому, [Ca, H-Ca]	Средняя	Средняя
	 Байкало-Джугджурская высокогорная и среднетаежная, котловинно-долинная	Подбуры типичные и грубогумусированные, дерново-подбуры, подзолы, дерново-подзолы (глеевые), подзолистые, буроземы грубогумусовые, литоземы, петроземы, карболитоземы перегнойные, глееземы, торфяные эутрофные, аллювиальные, каштановые и серые метаморфические	Кислый и оксидно-железистый, частично – переходный от кислого к кальциевому, [H, O-Fe], [H-Ca]	Интенсивная	Очень слабая
Хангайская	 Хубсугульская высокогорно-котловинная	Литоземы грубогумусовые, литоземы перегнойно-темногумусовые, литоземы темногумусовые, криоземы, дерново-подбуры, темногумусовые, местами каштановые, аллювиальные, гумусово-гидрометаморфические и торфяные эутрофные	Кальциевый и переходный от кислого к кальциевому, [Ca, H-Ca]	Высокая и средняя	Слабая и средняя
	 Хэнтэйская высоко-, средне-, низкогорная, горно-долинная	Криоземы, литоземы грубогумусовые, дерново-подбуры, темногумусовые, каштановые, темногумусовые метаморфизованные,	Кальциевый и переходный от кислого к кальциевому, [Ca, H-Ca]	Высокая и средняя	Слабая и средняя

		черноземы дисперсно-карбонатные с черноземами текстурно-карбонатными, аллювиальными, местами торфяными эутрофными			
	Хангайская высоко-, средне-горно-таежная, горно-долинная, местами лесостепная	Литоземы перегнойно-темногумусовые, литоземы грубогумусовые, литоземы темногумусовые, криоземы, дерново-подбуры, каштановые, каштановые гидрометаморфизованные, темногумусовые, черноземы, перегнойно-гидрометаморфические (в т. ч. засоленные), гумусово-гидрометаморфические (в т. ч. засоленные), торфяные эутрофные и аллювиальные	Кальциевый и переходный от кислого к кальциевому, [Ca, H-Ca]	Высокая и средняя	Слабая и средняя
	Орхон-Туулская лесостепная и степная провинция	Каштановые, черноземы, каштановые гидрометаморфизованные, темногумусовые, гумусово-гидрометаморфические (в т. ч. засоленные), перегнойно-гидрометаморфические (в т. ч. засоленные), торфяные эутрофные, аллювиальные, перевеянные пески, местами солонцы и солончаки.	Кальциевый и переходный от кислого к кальциевому, местами солонцеватый и солончаковатый, [Ca, H-Ca], [Ca-Na-Cl, SO ₄]	Контрастная (от слабой до высокой)	От сильной до слабой

Степень деградации почв сельскохозяйственных угодий

Степень деградации почв сельскохозяйственных угодий	Диагностические признаки деградации почв пашен	Диагностические признаки деградации почвенной среды пастбищ	Эродированность почв пахотных и пастбищных угодий, % от площади с/х земель
 Низкая	В почвенном профиле сохраняются все генетические горизонты почв	Небольшое уплотнение почвы в пределах фона, уменьшение продуктивности подземной биомассы до 1,6 раз	< 10
 Умеренная	Под пахотным слоем сохраняются нижележащие генетические горизонты верхней части профиля (агро-почвы: агро-чернозёмы и др.)	Уплотнение почвы до 1,21 г/см ³ , уменьшение подземной биомассы до 5 раз	10–25
 Высокая	Глубокопреобразованные почвы, в профиле которых под пахотным слоем залегают трансформированные генетические горизонты или порода (агрозёмы)	Уплотнение почвы до 1,46 г/см ³ , разрушение дернового горизонта, уменьшение подземной биомассы до 22 раз	> 25

 - земли, нарушенные горнодобывающей промышленностью (карьеры, терриконы, отвалы и т. п.)

Кратность превышения ПДК токсических веществ в почве

а)  б)  – 1–10 ПДК а) урбанизированных ареалов, б) населенных пунктов

EXPERIENCE OF SOIL-GEOCHEMICAL RESEARCHES IN ZONES OF INTENSIVE WILDLIFE MANAGEMENT

Belozertseva I. A. ^{1,2}

¹*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, belozia@mail.ru*

Concentration of large ecologically dangerous industrial productions in Siberia, lack of the effective clearing equipment and a complex of adverse meteorological factors led to that in its territory there were areas with an unsuccessful ecological situation. The largest sources of soil pollution are combines of ferrous and nonferrous metallurgy. There is some data of researches from authors of technogenic impact on soils, which locate close to aluminum manufacture. By results of the works lead by author, the characteristic of a chemical compound of soils territories oil fields and gas of a Leno-Angarsk plateau and territory of extraction of gold and tin in East Sayan and in Transbaikalian edge is given. On the basis of long-term researches in territory of Russia and Mongolia mapping degradation and pollution of soils in territory of pool of lake Baikal is carried out.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Бутырин М. В.

ФГБУ "Центр агрохимической службы "Иркутский", Иркутск, agrohim_38_1@mail. ru

Почвы Иркутской области отличаются большой пестротой. Они формировались под воздействием разнообразных подстилающих пород, большой изрезанности рельефа, климатических факторов.

Из общей площади земельного фонда (по данным Управления Росреестра Иркутской области) на долю сельскохозяйственных угодий в области на 01.01.2016 приходится: 2401,6 тыс. га, в том числе пашни – 1612,7; сенокосов – 264,2; пастбищ – 485,4 тыс. га.

Освоение новых земель выставило ряд негативных явлений и прежде всего развитие диффузии и эрозии. По результатам обследования прошлых лет земли территории Иркутской области подвержены следующим процессам:

1) водной эрозии – около 10 % сельскохозяйственных угодий; ветровой эрозии подвержено около 7 % сельскохозяйственных угодий; засоление земель Иркутской области отмечается в её южной, наиболее освоенной части, а также на участках, прилегающих к Братскому водохранилищу.

2) проявляются переувлажнения земель. временно или постоянно переувлажнено более 117 тыс. га, в том числе пашни – 55 тыс. га, сенокосов – 31 тыс. га, пастбищ – 31 тыс. га. Заболоченные сельскохозяйственные угодья на территории области занимают 39 тыс. га или 2,8 %. Процессам заболачивания подвержены преимущественно сенокосы – 25,8 % и пастбища – 74,2 %.

Помимо этих перечисленных негативных природных воздействий наиболее актуальными в последнее время стали опасные паводковые явления и наводнения, что вызывает особую тревогу к негативным антропогенным воздействиям на состояние земель: уничтожение плодородного слоя почвы, порча земель пестицидами, агрохимикатами, отходами производства и потребления, неиспользование земельных участков и т. д.

В настоящее время сельскохозяйственная освоенность земель области составляет не более 3,4 %. За полных шесть циклов обследования почв сельскохозяйственных угодий, проведённых агрохимической службой Иркутской области установлено, что за прошедшие 40 лет среднегодовые потери гумуса составили в среднем 1,4–1,6 т/га, даже в годы наиболее интенсивного агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства (1981–1990 гг.) дефицит органического вещества составил 3500 тыс. тонн, а питательных веществ 15 кг/га или 14 % при урожайности зерновых 17,1 ц/га. При действующей системе земледелия, как показывают расчёты баланса органического вещества, необходимо вносить в настоящее время дополнительно не менее 5,5 млн т органики с учётом пожнивных остатков, а вносится за последние 10 лет не более 200 кг на посевную площадь.

ТИП: Дерново-подзолистые почвы.

Занимают незначительные площади. Расположены в основном в таёжной зоне, содержат менее 2 % гумуса, реакция почвенного раствора кислая. Нуждаются в коренном улучшении и являются основным земельным фондом увеличения сельскохозяйственных угодий.

ТИП: Серые лесные почвы

В пахотном фонде области занимают площадь 790,3 тыс. га (49 %). Сосредоточены в основном в лесостепной зоне, меньше в таёжной и подтаёжной и делятся на три подтипа: светло-серые, серые и тёмно-серые.

Светло-серые. Почвы располагаются по вершинам увалов, верхним частям склонов и являются наиболее подверженными водной и ветровой эрозии. Содержание гумуса обычно менее 3 %, механический состав тяжелосуглинистый, реже-среднесуглинистый, естественное плодородие их невысокое, содержание фосфора низкое, калия – среднее. Реакция почвенного раствора кислая и слабокислая. В первую очередь подлежат комплексному агрохимическому окультуриванию. Под пашней занимают 94,3 тыс. га или 11,9 % серых лесных почв, 5,7 % всех пахотных угодий области.

Серые лесные почвы. Основной подтип, занимает площадь 390,6 тыс. га, или 41,3 % в данном подтипе, а в целом в пахотном фонде 24,2 %. Располагаются в основном по средним пологим увалам, невысоким выложенным холмам и равнинам. Содержание гумуса колеблется от 3–5 %. Механический состав: тяжёлые суглинки – 76 %, средние суглинки – 20,5 %, лёгкие суглинки – 3,5 %. Содержат в основном средние запасы подвижных форм фосфора и калия, реакция почвенного раствора в основном слабокислая. Данные почвы обладают хорошими физико-химическими свойствами и обладают высоким естественным плодородием.

1. **Малогумусные** – содержание гумуса до 4 %, занимают площадь 177,8 тыс. га, располагаются в основном на вершинах увалов и верхних частях склонов различной крутизны и экспозиции. Преимущественно имеют тяжёлый механический состав, непрочную агроструктуру, низкое содержание подвижных питательных веществ и требуют комплексного агрохимического окультуривания.

2. **Среднегумусные** – содержание гумуса 4–6 % – это наиболее распространённые почвы данного типа с преобладанием выщелоченных и занимают площадь 254,6 тыс. га или 15,7 % пахотных угодий. Обладают хорошими агрохимическими и агрофизическими свойствами и способны обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственной продукции при рациональном их использовании. Это лучшие почвы для выращивания продовольственной пшеницы.

3. **Высокогумусные** – содержание гумуса 6–8 %. Занимают в основном нижние части склонов, небольшие понижения и седловины. По своим агрохимическим свойствам и по морфологии (строению) ближе к чернозёмам.

4. Чернозёмы:

Площадь, занимаемая чернозёмами, составляет 182,4 тыс. га или 11,0 % пахотных земель. широкого распространения по территории не имеют и сосре-

доточены в основном в западных районах области, где преобладают выщелоченные чернозёмы, а в верхнем Приангарье – маломощные, солонцеватые. Содержание гумуса колеблется от 5 до 10 %, валового азота 0,3–0,6 %, реакция почвенного раствора нейтральная и слабощелочная. Степень насыщенности более 9 %. Содержание подвижных питательных веществ нестабильное – от низких до высоких показателей. Вводно-физические свойства неудовлетворительные. Почвы склонны к «заплыванию» и образованию воздухонепроницаемой «корки» после осадков. Структура распыленная.

ТИП: Лугово-чернозёмные почвы

Сформировались на нижних частях склонов и на днищах ложбин. Имеют большую мощность гумусового горизонта (50–80 см), отличаются от чернозёмов, в основном, характером водного режима. Имеют большие запасы фосфора и калия, как правило бесструктурные. Почвы поздно поспевают весной, а осенью подвергаются ранним заморозкам. Реакция почвенного раствора от слабокислой до нейтральной. Площадь под пашней 91,7 тыс. га.

ТИП: Луговые, аллювиальные и прочие почвы

В балансе пашни занимают 3,1 % и существенно на производство сельскохозяйственной продукции области не влияют.

Вследствие отрицательного баланса органического вещества в земледелии области, а также наличии процессов эрозии за прошедшие 10 лет площади с низким содержанием гумуса увеличились на 161,0 тыс. га или на 27 %. Увеличение это произошло в основном за счет площадей с повышенным содержанием. Площади со средним содержанием практически изменений не имеют. Пашня, освоенная за счет лесных массивов и находящаяся в настоящее время в обороте, составляет – 278 тыс. га.

Эрозионным процессам подвержено около 500 тыс. га в том числе ветровой – 260 тыс. га, водной – 240 тыс. га, эрозионно-опасных – 114 тыс. га.

Как показывают расчеты баланса органического вещества при существующей системе земледелия, области необходимо использовать ежегодно до 8 млн т органики с учетом пожнивных опытов.

В настоящее время дефицит составил более 5,9 млн т (73 %). Реальные источники пополнения органического вещества имеются: выход навоза 1,3 млн т, добыча и внесение торфа (торфокомпоста) – 600 тыс. т, солома 300 тыс. т, сидераты – 200 тыс. т, многолетние травы и залужение неиспользуемой пашни – 600 тыс. т, компосты осадков сточных вод, лигнина и угольного шлама – 300 тыс. т. Ежегодно можно вносить до 3 млн т органики, а в последние 3 года ежегодно вносится около 400 тыс. т (0,3 т/га).

С внедрением биологизированной системы земледелия и использованием промышленных органических отходов и торфа в ближайшее время можно сократить дефицит органики в земледелии области до 30 % и тем самым приостановить резкое нарастание площадей с низким содержанием гумуса. Для решения этого вопроса потребуются значительные финансовые капиталовложения.

Содержание подвижного фосфора в пахотных почвах области – повышенное. Площади с низким содержанием составляют 152,2 тыс. га (9,3 %) со средним – 632,1 тыс. га (38,7 %). Значительных изменений площадей с низким содержанием этого элемента не наблюдается. Произошло только увеличение площадей за десятилетний период со средним содержанием фосфора, которые на данный период достигли 632,1 тыс. га за счет площадей с повышенным и высоким содержанием. Увеличение произошло на 161 тыс. га, а средневзвешенная величина достигла 127,2 мг/кг, понизившись на 23,1 мг/кг почвы.

Заметно увеличились площади с низким содержанием калия. По результатам агрохимических исследований в области преобладают почвы со средней и повышенной степенью обеспеченности подвижным калием, которые занимают 66,9 % общей площади пашни. Среди пахотных угодий на долю почв с низким и очень низким его содержанием приходится 33,1 % или 282,3 тыс. га больше чем десять лет назад (1992 г.). Средневзвешенная величина содержания по всем регионам области составила 103,9 мг/кг. Как показывают результаты циклов обследования нарастание площадей шло соответственно между III, IV, V, VI циклами, а по отношению на 01.01.2003 составило 305,9 тыс. га. Увеличение площадей с низким содержанием идет в основном за счет потери калия, на площадях с повышенным его содержанием.

Баланс питательных веществ в растениеводстве области, начиная с 1994 г. отрицательный по всем элементам. Отношение поступления элементов питания (минеральные удобрения, органика и пожнивные остатки) к выносу урожаем составило по азоту – 32,6 %, фосфору – 34,0 % и калию 18,7 %. Применение минеральных и органических удобрений катастрофически падает и по сравнению с 1991 годом снизилось в 7,5 раза. В настоящее время пашня получает всего 4,2 кг/га, а площади посева – 8,7 кг/га, что и является в основном причиной резкого падения содержания подвижного фосфора и обменного калия в пахотных угодьях области.

Кислые почвы пахотных угодий занимают на 01.01.2015 – 567,6 тыс. га (34,1 %) в том числе 426,6 тыс. га (26,4 %) – слабокислые, среднекислые, и сильнокислые соответственно 141,0 тыс. га.

За последние годы работа по окультуриванию (известкованию) почв практически свернута из-за отсутствия финансирования. Известкуется 200–300 га в год, хотя первоочередному известкованию подлежит более 130 тыс. га.

Выводы

Анализ приведённых материалов по агрохимической характеристике почв сельскохозяйственных угодий Иркутской области подтверждает необходимость коренного изменения ведения сельскохозяйственного производства. В современных условиях при недостаточном финансировании необходимо так организовать работу в хозяйствах, чтобы при минимальных производственных затратах производить максимальное количество сельскохозяйственной продукции с сохранением и повышением плодородия. Один из путей достижений этой цели – разработка и внедрение биологизированных систем земледелия с ресурсосберегающими технологиями. При существующем в области отрицательном балансе

азота, фосфора, калия, органического вещества, это особо важно. Для бездефицитного баланса гумуса в наших условиях нужно вносить 5–7 тонн навоза на один гектар пашни, в последнее время вносят менее тонны, нужного количества навоза при наличии такого поголовья скота, что мы имеем на данное время, получить невозможно, поэтому следует обратить внимание на увеличение посева многолетних трав, площади сидеральных паров, изготовление компостов из торфа и других местных источников органики.

Для поддержания почвенного плодородия на существующем уровне необходимо ежегодно известковать до 15 тыс. га сильно кислых почв, вносить минимально около 50 кг действующего вещества на один гектар пашни (20 кг азота; 10 кг фосфора; 20 кг калия). В последние несколько лет известкуется 500–600 га пашни, вносится менее 10 кг питательных веществ, причём практически это только азотные удобрения.

AGROCHEMICAL RESEARCH AND THE STATE OF LAND RESOURCES OF THE IRKUTSK REGION

Butyirin M. V.

Public institution «Center of Agrochemical Service», Irkutsk agrohim_38_1@mail.ru

The share of agricultural land in the Irkutsk region on 01. 01. 2016 is amount to: 2401,6 thousand hectares, including arable land -1612,7; 264,2 – hayfields; pastures 485,4 thousand hectares. To water erosion is exposed about 10 % of agricultural land; to wind erosion is affected about 7 % of agricultural land. At the southern most developed part of Irkutsk region the salinity is observed, also as at the areas adjacent to Bratsk reservoir. There is waterlogged more than 117 thousands ha. Agricultural using of the land is not more than 3. 4 % at the present time. The average humus losses are amounted to an average of 1. 4–1. 6 t/ha. The deficit of organic matter made up of 3,500 tons. All this data confirms the needless of radical changing in agricultural production. The development and implementation of biological farming systems with energy efficient technologies is one of the ways for achievement of this goal. For non-deficit balance of humus and maintaining soil fertility in our conditions there is needless to bring of 5–7 tons of manure per hectare of arable land, to increase crops of perennial grasses and square of green manure vapors, to be limed annually to 15 thousand hectares.

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И НОМЕНКЛАТУРЫ ПОЧВ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Г. А. Воробьева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, galvorob@yandex. ru

Как многократно отмечалось разными исследователями [1; 5–7], многие почвы Прибайкалья не «укладываются» в рамки существовавших и существующих классификаций [3; 4; 8]. Целый ряд причин этого явления обусловлен спецификой условий почвообразования, среди которых не только особенности климата, растительности, пород, рельефа, но и иная история эволюции почвообразования и осадконакопления на протяжении последних 25–40 тыс. лет, запечатленная в пределах 1,5–2-метровой толщи, вскрываемой обычными почвенными разрезами [2].

Изучение строения почв с позиций хроностратиграфии позволяет рассматривать почву как летопись природно-климатических событий и дает возможность более обоснованно интерпретировать особенности строения и свойств почв [2]. Хроностратиграфический подход ставит под сомнение множество казавшихся незыблемыми взглядов на генезис тех или иных почвенных горизонтов, а соответственно, и на корректность отнесения почв к тем или иным типам и подтипам.

При рассмотрении проблем классификации почв региона нам представляется целесообразным обратить внимание на три широко распространенных явления:

- 1) приуроченность уровня появления карбонатов в почвенном профиле к границе голоцена и плейстоцена;
- 2) специфику гумусовых горизонтов многих лесных почв региона;
- 3) проблему классификации почв высоких пойм и подножий склонов.

Карбонатные горизонты в почвенном профиле

Карбонатные почвообразующие породы имеют очень широкое распространение в регионе и представлены как дериватами коренных карбонатсодержащих кембрийских пород (известковистых песчаников и алевролитов, доломитов и известняков), так и лессовидными суглинками.

В полноразвитых почвах карбонатные отложения вскрываются в почвенных разрезах на глубине 40–60 см и обычно рассматриваются почвоведомы как генетические горизонты ВСА, САТ или Сса. В стратиграфическом отношении они представляют собой образования сартанского или иного доголоценового возраста. Граница между голоценовыми (как правило, бескарбонатными) и доголоценовыми (как правило, карбонатными) отложениями проявляется очень резко. Максимум карбонатов обычно бывает приурочен к этой границе.

Такая ситуация характерна для разных типов почв (дерново-подзолистых, серых и темносерых текстурно-дифференцированных и метаморфических, буроземов и др.), развитых на продуктах выветривания кембрийских пород и на

лессовидных образованиях. По Классификации-1977 [4] такие почвы рассматривались как дерново-карбонатные, различающиеся по мощности, степени гумусированности и глубине вскипания.

Согласно субстантивно-генетической основе классифицирования, принятой для Классификации-2004 [3], бывшие дерново-карбонатные почвы должны быть разнесены по типам, соответствующим характеру срединных и гумусовых горизонтов. На подтиповом уровне такие почвы могут рассматриваться как остаточно-карбонатные.

Логически это не так – карбонаты в профиле не явились результатом их выщелачивания из верхних горизонтов, да и остаточными их не назовешь, поскольку максимум карбонатов зачастую бывает приурочен к границе плейстоценовых отложений с голоценовыми. Исходя из представлений, что карбонаты почвы унаследованы, горизонт, содержащий карбонаты должен иметь индекс Сса, а не ВСА или САТ и рассматриваться как доголоценовый горизонт почвообразующей породы.

Вместе с тем карбонатные горизонты, вскрываемые в нижней части почвенного профиля, обуславливают специфику ряда свойств почв. В первую очередь это касается таких показателей как рН, СНО и состав гумуса. Специфика данных свойств затрудняет диагностику почв и не согласуется с общепринятыми представлениями о процессах почвообразования в условиях таежных ландшафтов.

Гумусовые горизонты ряда лесных почв Прибайкалья

В Классификации-2004 [3] гумусовые горизонты лесных почв представлены горизонтами АУ и АU. Горизонт АУ характерен для почв таежных ландшафтов, АU – для лесостепных и степных. Горизонт АУ должен иметь кислую или слабокислую реакцию, насыщенность основаниями менее 80 % и отношение Сгк:Сфк всегда меньше 1. Горизонт АU, значительно реже встречающийся в почвах лесных ландшафтов, чем горизонт АУ, должен иметь рН от слабокислой до слабощелочной, СНО более 80 % и отношение Сгк:Сфк всегда больше 1.

Таким образом, основные диагностические признаки рассматриваемых гумусовых горизонтов базируются не на морфологических, а на аналитических показателях, что затрудняет диагностику горизонтов в поле. Морфологические показатели горизонтов строго не оговорены: указывается фактически равное содержание гумуса в верхних 10 см, но при этом не указывается мощность горизонта. Различия отмечаются только по структуре: непрочная комковато-порошистая в горизонте АУ и водопрочная комковатая, крупитчатая и зернистая, часто копрогенная, в горизонте АU.

В соответствии с тем, что в Прибайкалье доминируют лесные (таежные) ландшафты, наибольшее распространение в почвах должен иметь горизонт АУ – серогумусовый (дерновый), он же горизонт А1 по индексации, принятой в Классификации-1977 [4].

Однако в почвах лесных ландшафтов Прибайкалья встречаются два варианта гумусовых горизонтов. Один вариант соответствует диагностическим при-

знакам, принятым для горизонта АУ, другой вариант при морфологическом сходстве с горизонтом АУ не соответствует ему по аналитическим показателям.

Так, гумусовые горизонты различных типов лесных почв Прибайкалья, особенно тех, что развиты на карбонатных породах, часто обладают следующими, не характерными для горизонта АУ показателями: рН от слабокислой до нейтральной; степень насыщенности основаниями более 80 %; $C_{гк}:C_{фк} > 1$. В дерновых горизонтах лесных почв суглинистого состава структура обычно бывает очень хорошо выражена – корни трав облеплены гроздьями довольно прочных зернистых агрегатов диаметром 3–4 мм.

Даже дерново-подзолистые почвы при малой мощности их дернового горизонта (обычно 5–7 см) и хорошей выраженности элювиального, нередко имеют фульватно-гуматный или даже гуматный состав гумуса, что не удовлетворяет требованиям диагностики горизонта АУ по составу гумуса. При этом по мезоморфологическим показателям гумус можно отнести к модеру (иногда – модер-мор), т. е. тем морфологическим типам гумуса, для которых обычно отношение $C_{гк}:C_{фк} < 1$.

Таким образом, гумусовые горизонты многих почв Прибайкалья по своим свойствам не соответствуют ни темногумусовому, ни серогумусовому горизонтам и занимают промежуточную позицию между диагностическими признаками горизонтов АУ и АУ. Для исследуемого региона вышеотмеченные особенности гумусовых горизонтов почв лесных ландшафтов не редкость, а широко распространенное явление, особенно в южной части региона, где почвообразование часто развивается на карбонатных породах. В связи со спецификой гумусовых горизонтов возникают проблемы их индексации и проблемы классификации и номенклатуры подобных почв.

Для отражения специфики гумусовых горизонтов почв Прибайкалья мы предлагаем придавать им индекс АУи, означающий наличие у дернового горизонта ряда признаков темногумусового. В таком случае почва с горизонтом АУи должна рассматриваться как подтип, что требует отражения и в номенклатуре подтипа. Такой подтип мог бы называться дерново-темногумусовым.

Почвы высокой поймы

В соответствии с Классификацией-2004 [3] почвы высокой поймы, на поверхности которых периодически откладывается аллювий, следует относить к стволу синлитогенных отделу аллювиальных. Согласно правилам классифицирования подобных почв, диагностика типа основывается на определении характера верхнего гумусового или органогенного горизонта и наличии или отсутствия оглеения (квазиоглеения) в аллювии, подстилающем этот верхний горизонт. Такой принцип классификации слабо пригоден для аллювиальных почв региона, а особенно для почв высоких пойм, т. к. результат классифицирования (тип почвы и ее формула) не соответствует зрительному образу почвенного разреза.

Профиль почв высокой поймы обычно имеет серию погребенных гумусовых горизонтов различной мощности и гумусированности, игнорировать которые при классифицировании почв мы считаем нелогичным, тем более что пой-

менные почвы являются одними из главных объектов сельскохозяйственного использования, и их номенклатура должна удовлетворять требованиям как теоретического, так и прикладного почвоведения.

Разрез высокой поймы, как правило, имеет трехъярусное строение:

в нижней части профиля минеральный субстрат представлен пойменными аллювиальными отложениями;

в средней части профиля – пойменными отложениями с участием прослоев субаэрального генезиса;

в верхней части профиля – преимущественно субаэральными образованиями (делювиальными и эоловыми).

В связи с трехъярусным строением профиля возникает вопрос о корректности отнесения почв высоких пойм к отделу аллювиальных, хотя синлитогенный характер почвообразования и осадконакопления не вызывает сомнения.

Заключение

В представленной статье затронута только небольшая часть проблем, связанных с классификацией и номенклатурой почв Прибайкалья. Мы предполагаем, что рассматриваемые вопросы выходят за рамки исследуемого региона, а потому являются интересными для широкого круга почвоведов.

Карбонатные горизонты, трактуемые как иллювиальные или как остаточно-карбонатные, зачастую оказываются образованиями плейстоценового возраста. Установление литологической неоднородности субстрата почвенных горизонтов меняет представление о процессах почвообразования и влечет за собой изменения индексов горизонтов и классификационного положения почвы.

Слишком значимые отличия свойств гумусового горизонта АУ прибайкальских почв от гумусовых горизонтов АУ почв других регионов указывают на необходимость расширения линейки индексов гумусовых горизонтов. В частности, предлагается использовать дополнительный генетический признак “u”, который в сочетании с индексом АУ (АУu) указывает на специфику свойств дернового горизонта ряда прибайкальских почв. Генетический признак “u” позволяет относить почву к подтипу дерново-темногумусовых. Однако сложность заключается в идентификации горизонта АУu при полевом изучении почв.

Вряд ли вызывает сомнение важность создания с помощью почвенных классификаций зрительного образа того или иного типа почвы. Однако по правилам Классификации-2004 [3] такой зрительный образ для почв высокой поймы создать не удастся. Вероятно, для классифицирования синлитогенных почв требуются дополнительные методические приемы и доработка классификации аллювиальных почв.

Литература

1. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв : монография. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.

2. Воробьева Г. А. Эволюция почв предгорий и низкогорий юга Средней Сибири в голоцене // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М. : ГЕОС, 2015. С. 686–703.
 3. Классификация и диагностика почв России / авт.-сост. Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
 4. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров [и др.]. М. : Колос, 1977. 223 с.
 5. Макеев О. В. Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1959. 347 с.
 6. Надеждин Б. В. Лено-Ангарская лесостепь (Почвенно-географический очерк). М. : Изд-во АН СССР, 1961. 328 с.
 7. Николаев И. В. Почвы Иркутской области. Иркутск : ОГИЗ, 1949. 403 с.
 8. Указания по классификации и диагностике почв. М. : Колос, 1967. Вып. 1 : Почвы таежно-лесных областей. 78 с.
-

THE PROBLEMS OF SOILS CLASSIFICATION AND NOMENCLATURE OF BAIKAL REGION

G. A. Vorobyeva

Irkutsk State University, Irkutsk, galvorob@yandex.ru

It is noted the complexity for application of the soil classifications 1977 and 2004 to soils of Baikal region. Carbonate horizons of the soils have been examined from stratigraphic positions. It was shown that the carbonates at the soil profile are inherited from Pleistocen cryoarid time. Soils with carbonate horizons can be attributed neither to the residual-carbonate nor to leached one's.

Based on it's properties, the humus horizons of many Baikal region forest soils, are taking intermediate place between AY and AU horizons. For them, by author the index AYu and subtype name – «sod-dark-humic» has been proposed. The problems of classification of high plains soils have been considered. It is shown that additional methods and revision of classification for alluvial soils is required at this time.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ ИСЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРА ВРЕДА, ПРИЧИНЕННОГО ПОЧВАМ КАК ОБЪЕКТУ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Гребенщиков В. Ю.¹, Пузырева А. Ю.², Троязыков Д. Д.³

¹ ФГБОУ ВПО Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, Иркутск, agroviktor@mail.ru

² ФГБУ Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория, Иркутск, anna18_01@bk.ru

³ ТУ Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы и практика применения Методики исчисления размера вреда, как объекту охраны окружающей среды утв. Приказом Министерством природных ресурсов №238 от 08 июля 2010 г. (далее – Методика) как механизм правовой и экономической защиты (охраны) земель. Неизбежность действия природоохранного законодательства в свете применения Методики, а также обременительные суммы компенсации, по сути, заставляют нарушителя законодательства честно исполнять закон, не допускать уничтожение плодородного слоя почвы. Раскрыты некоторые положительные и отрицательные стороны Методики, опыт ее применения в РФ и на территории Иркутской области.

В соответствии № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» почвы являются объектом охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности [1].

Однако многие землепользователи в условиях современной земельной реформы усилили использование не по целевому назначению особенно земель сельскохозяйственного назначения, как наиболее доступные в плане существующей транспортной сети и отчасти бесхозные по причине несовершенства разгосударствления этих земель, прошедших в 1991–1994-х гг.

По этой причине государство было вынуждено принимать меры по экономической защите земель. Министерство природных ресурсов по поручению правительства РФ разработало Методику исчисления размера вреда, причиненного почвам, как объекту охраны окружающей среды (утв. Приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. №238) (далее – Методика) по которой «стоимость земель» возросла до 5–10 млн руб. за гектар уничтоженных земель, в том числе земель сельскохозяйственного назначения [2].

Цель работы: провести оценку эффективности Методики на землях сельскохозяйственного назначения на территории Иркутской области.

Задачи работы:

1. Осветить работу ТУ Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия при использовании указанной Методики.
2. Провести оценку правоприменительной практики использования методики Россельхознадзором по Иркутской области и РБ за периоды 2012–2014 гг.

Для ТУ Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия основной экспертной организацией является ФГБУ «Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория» (табл. 1).

Таблица 1

Результаты работы ФГБУ «Иркутская МВЛ» в качестве экспертной организации с применением Методики

Показатели	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Количество выездов сотрудников ФГБУ «Иркутская МВЛ» в качестве экспертной организации, шт.	15	8	10
Количество дел, по которым рассчитан ущерб, нанесенный почвам как объекту окружающей среды, шт.	12	3	3
Сумма рассчитанного ущерба, нанесенного почвам, тыс. руб.	302 996	433 364	26 108

Результаты табл. 1 свидетельствуют, что по годам количество нарушений и суммы исков подвержены существенным изменениям, что связано в основном с планом работы Россельхознадзора, который выполняется по согласованию с прокуратурой Иркутской области.

Таблица 2

Работа Управления Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия по возмещению вреда

Показатели	2012 год	2013 год	2014 год
Кол-во нарушений, повлекших за собой вред почвам, шт.	152	67	61
из них количество нарушений, по которым произведен расчет вреда	152	67	61
Сумма причиненного вреда почвам, тыс. рублей	208792,2	546057	392380,4
Направлено претензий на возмещение вреда в добровольном порядке, шт.	152	67	58
из них в денежном эквиваленте	148	61	55
из них проведенных путем рекультивации	4	6	3
Количество нарушений с возмещением вреда в добровольном порядке, шт.	150	51	44
из них в денежном эквиваленте	10	1	4
из них проведенных путем рекультивации	140	50	40
Эффективность работы по восстановлению земель, %	98,7	76,1	72,1
в том числе путем рекультивации, %	93,3	74,6	65,6

В табл. 2 показана деятельность Управления Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия по возмещению вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды.

Как видно из табл. 2 всего за три года выявлено 280 правонарушений с причинением вреда почве, в основном это несанкционированные свалки отходов ТБО и производства (деревообработка), а также линейные объекты. Так в

2012 г. было выявлено 152 нарушения, в последующие годы их в 2 раза меньше. Это связано с тем, что в первый год работы по Методике было охвачено максимальное количество нарушений так как все они были «на виду». В то же время основная часть нарушений компенсируется за счет мероприятий по восстановлению нарушенных земель до исходного состояния (рекультивация).

Как показывает практика финансовые затраты на рекультивацию в 6–12 раз меньше чем при возмещении вреда в денежном выражении, рассчитанного по Методике. В связи с этим эффективность мероприятий Россельхознадзора по количеству устраненных нарушений колеблется от 72 до 98 %.

Как видно из табл. 3 основная часть мероприятий по возмещению вреда определенного Методикой проводится путем добровольной рекультивации земель, что существенно экономит затраты предприятий на эти цели.

Таблица 3

Эффективность работы Управления Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия по возмещению вреда землям сельскохозяйственного назначения с использованием Методики, тыс. руб.

Показатели	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Направлено претензий на возмещение вреда в добровольном порядке	208 792,18	546 057	392 148,6
из них в денежном эквиваленте	81 246,58	541 383	392 148,6
из них проведенных путем рекультивации	12 7545,6	4673,6	0
Возмещено вреда в добровольном порядке на сумму	46 579,74	61 489	81 843,82
из них в денежном эквиваленте	396,04	59,28	513,42
из них проведенных путем рекультивации	48 183,7	61 429	81 330,4
Эффективность работы по возмещению вреда, %	22,3	11,3	20,9
в том числе в денежном эквиваленте, %	0,18	0,01	0,13

Так при сумме ущерба в 392 348 тыс. руб. рекультивация проведена в 99 % при чем если сравнивать суммы затрат в денежном эквиваленте, то доля средств на рекультивацию составила 99,5 % от всех средств направленных на возмещение ущерба. Эффективность Методики по возмещению вреда в денежном эквиваленте на территории Иркутской области менее 1 % и варьирует от 0,01 до 0,18 %, что объясняется в первую очередь необходимостью получения исполнительных листов для запуска механизма оплаты ущерба.

На компенсацию ущерба в денежном эквиваленте нарушители идут не охотно, так как это существенно дороже кроме того, большинство хозяйствующих субъектов и особенно муниципальных образований и бюджетных организаций для проведения выплат требуют решения судов (табл. 4).

Однако следует отметить, что до суда в основном доходят не все иски, так как часть административных дел «рассыпается» как по вине инспекторского состава так по вине несовершенства рассматриваемой Методики и особенностей правоприменительной практики. В Иркутской области суды как правило отклоняют иски если нарушитель провел работы по рекультивации или начал работы по восстановлению земель. В связи с этим динамика судебных дел выглядит более чем скромно (табл. 5).

Таблица 4

Использование Методики в судебной практике в Иркутской области на землях
сельскохозяйственного назначения

Показатели	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Предъявлено исков о возмещении вреда, причиненного почвам, шт.	5	5	2
из них в денежном эквиваленте, шт.	4	1	1
из них проведенных путем рекультивации, шт.	1	4	1
из них в денежном эквиваленте и путем рекультивации, шт.	0	0	0
Предъявлено исков о возмещении вреда, причиненного почвам, тыс. рублей	89 337,2	7397,9	11 425,204
из них в денежном эквиваленте, тыс. рублей	88 553	2924,4	627,124
из них проведенных путем рекультивации, тыс. рублей	784	4473,5	10798,08
из них в денежном эквиваленте и путем рекультивации, тыс. рублей	0	0	0
Удовлетворено исков Управления о взыскании вреда почвам, шт.	5	4	3
из них в денежном эквиваленте, шт.	4	0	1
из них проведенных путем рекультивации, шт.	1	4	2
из них в денежном эквиваленте и путем рекультивации, шт.	0	0	0
Эффективность использования Методики, %	100	80	120

Таблица 5

Результаты правоприменения Методики на территории Иркутской области

Показатели	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Удовлетворено исков Управления о взыскании вреда почвам, тыс. рублей	89 337,2	4473,5	2010
из них в денежном эквиваленте, тыс. рублей	88 553,2	0	2010
из них проведенных путем рекультивации, тыс. рублей	784	4473,5	0
из них в денежном эквиваленте и путем рекультивации, тыс. рублей	0	0	0
Фактически возмещено вреда в судебном порядке (из удовлетворенных исков), шт.	2	4	2
из них в денежном эквиваленте, шт.	1	1	1
из них проведенных путем рекультивации, шт.	1	4	1
Фактически возмещено вреда в судебном порядке (из удовлетворенных исков), на сумму, тыс. рублей	828,4	4517,9	3990,96
из них в денежном эквиваленте, тыс. рублей	44,4	44,4	44,5
из них проведенных путем рекультивации, тыс. рублей	784	4473,5	3945,76

Так из 152 нарушений в 2012 г. судами удовлетворено два иска. В 2013 г. соответственно 4 из 67 и 2014 г. 2 иска из 61, а оставшиеся часть возмещена добровольна путем рекультивации. По решениям суда компенсация осуществляется преимущественно за счет рекультивации.

Таким образом, введение в действии Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам, как объекту охраны окружающей среды (утв. Приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238 на территории РФ и Иркутской

области обеспечило экономическую и правовую защиту земель. Использование данной Методики в работе Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия, а также при муниципальном земельном контроле на территории Иркутской области оказалось состоятельным и оправданным. Многие участники хозяйственной деятельности при строительстве любых объектов и эксплуатации сооружений и полигонов отходов производства сегодня четко знают о необходимости бережного отношения к почве как объекту окружающей среды.

Литература

1. Об охране окружающей среды: федер. закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 24.11.2014) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : справочная правовая система.
2. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам, как объекту охраны окружающей среды: утв. приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238 (ред. от 25.04.2014) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : справочная правовая система.
3. Земельный кодекс Российской Федерации: от 25 окт. 2001 г. № 136-ФЗ (ред. от 29.12.2014) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : справочная правовая система.
4. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения: федер. закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : справочная правовая система.

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И УСТОЙЧИВОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

А. А. Данилова

Сибирский НИИ земледелия и химизации Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИЗиХ ФГБУН СФНЦА РАН),
пос. Краснообск, Новосибирская область, Danilova7alb@yandex.ru

Наличие положительной зависимости между содержанием органического вещества и уровнем биологической активности почвы является фактом известным. Однако для целей управления состоянием антропогенных экосистем необходимы сведения о количественных соотношениях этой взаимосвязи. При этом выбор показателя биологической активности почвы из широкого списка должен определяться экологической значимостью того или иного показателя.

На пути решения этой проблемы стоят две основные методические проблемы. Во-первых, мы должны иметь фоны почв с различным содержанием органического вещества, близких по происхождению последнего, и сходных по физическим свойствам твердой фазы. Во-вторых, показатель биологической активности должен отвечать двум основным требованиям: экологическая значимость и методическая доступность. Эти проблемы были решены в наших исследованиях следующим образом. Различный уровень содержания органического вещества в почве был создан естественным путем при помощи многолетнего регулирования количества поступающего растительного вещества в многолетнем полевом опыте. В качестве экологически значимого показателя биологической активности почвы была выбрана самоочищающая способность почвы как компонент устойчивости микробной системы почвы.

Цель сообщения: показать пример калибровки зависимости: содержание органического вещества – биологическая активность почвы.

Объекты и методы

Исследование проводили в 2008–2014 гг в многолетнем полевом опыте, заложенном в 2001 г в центральной лесостепи Приобья, в пригороде Новосибирска. Территория характеризуется преобладанием в структуре почвенного покрова черноземов выщелоченных и оподзоленных средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава с содержанием гумуса 5,5–6,5 %, реакция среды близка к нейтральной, обеспеченность фосфором и калием повышенная. Среднегодовое количество осадков составляет примерно 400 мм, сумма температур воздуха выше 10 °С – около 1800 °С Многолетний полевой опыт состоял из трех зернопаровых севооборотов (пар – пшеница пшеница). Севообороты различались характером использования парового поля и количеством поступающих в почву растительных остатков. В первом севообороте паровое поле было представлено чистым паром, солома пшеницы на протяжении трех ротаций удалялась с обоих полей путем сжигания. Второй севооборот отличался от первого тем, что вся солома заделывалась в почву. Третий севооборот характери-

зовался наибольшим поступлением растительного вещества в почву – дополнительно к соломе в паровом поле возделывалась викоовсяная смесь, которая в фазе цветения вики заделывалась дисковой бороной в почву (сидеральный пар). Образцы почвы отбирали во все годы исследований в конце сентября после осенних дождей. Функциональный спектр культивируемой части микробного сообщества почвы оценивали по модифицированной нами схеме МСТ (мульти-субстратный тест) [2]. Устойчивость микробного сообщества почвы оценивали по 2 критериям: степени изменения показателя выравненности функционального спектра сообщества (V_E) при компостировании почвы без дополнительных источников углерода [3] и по отклику удельной активности сообщества при внесении гербицида магнум (действующее вещество метсульфурон метил) K_d [2]. Скорость разложения пестицида в почве определяли по снижению остаточной фитотоксичности гербицида магнум при инкубации почвы в лабораторных условиях [1].

Результаты

Как следует из данных, представленных в табл. 1, за 10 лет опыта был сформирован ряд агрофонов с различным содержанием органического вещества. Для полноты спектра в лабораторных опытах дополнительно задействовали образцы выщелоченного чернозема с наименьшим и наибольшим содержанием органического вещества – из-под многолетнего чистого пара и залежи.

Таблица 1

Содержание органического вещества в выщелоченном черноземе Приобья при различном количестве поступающих растительных остатков [4].

Показатель	1*	2	3	НСР05
Поступление биомассы т/га в год	2,5	6,5	9,5	-
Углерод общий, %	3,69	3,77	3,82	0,2
Лабильный гумус, мг С/кг почвы	3453	4285	3632	475
Мортмасса, мг С/кг почвы	421	661	798	103

1 – удаление соломы с поля + чистый пар, 2 – оставление соломы на поле + чистый пар, 3 – оставление соломы на поле + сидеральный пар

При компостировании почвы без дополнительного внесения источников углерода активность сообщества снижалась. При этом величина этого снижения составила закономерно возрастающий ряд от залежи к многолетнему пару. То есть чем выше содержание углерода, тем медленнее падала активность сообщества. В результате многолетних наблюдений удалось составить шкалу по устойчивости сообщества. В качестве количественного критерия использовали коэффициент вариации критерия выравненности функционального спектра сообщества E при определении через 0, 15 и 30 дней после начала компостирования. Чем сильнее падала активность сообщества, тем ниже устойчивость системы, тем выше показатель V_E (табл. 2).

Во второй серии опытов нам удалось показать, что предложенный критерий устойчивости тесно коррелирует с величиной отклика микробного сообщества на внесение гербицида (K_d). То есть чем менее устойчива система, тем сильнее менялась активность сообщества при воздействии пестицида.

Таблица 2

Функциональная устойчивость микробного сообщества чернозема выщелоченного

Агрофон	Устойчивость при компостировании		Отклик сообщества на внесение гербицида	
	V _E	Уровень	Кд	Уровень
Залежь многолетняя	10–15	высокий	10–15	низкий
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	5–30	средний-высокий	55–65	средний
Оставление соломы на поле + чистый пар	15–80	средний	30–90	средний
Удаление соломы с поля + чистый пар	40–80	низкий-средний	150–180	высокий
Многолетний пар	100–170	очень низкий – низкий	250–300	очень высокий

Примечание. В указанные интервалы входят не менее 75 % экспериментальных значений при n = 20

Далее нам предстояла обозначить экологический смысл наших оценочных шкал устойчивости микробного сообщества почвы. Для этих целей провели оценку скорости детоксикации гербицида при помощи фитотеста на проростках редиса.

В табл. 3 приведены сведения для сопоставления изученных показателей. Оказалось, что функциональная устойчивость сообщества при компостировании почвы, детоксикационная активность почвы коррелируют со скоростью разложения гербицида в почве. Следовательно, эти шкалы могут служить для ориентировочной оценки детоксикационной активности почвы. Таким образом, проведенные исследования позволили количественно оценить зависимость устойчивости функционирования микробной системы от содержания органического вещества. Показано, что оставление в почве пожнивных остатков пшеницы при урожайности около 2,5 т/га (поступление биомассы около 6,5 т/га) позволяет поддерживать устойчивость микробного сообщества почвы на уровне, достаточном для детоксикации пестицидов в пределах текущего вегетационного периода.

Таблица 3

Детоксикационная способность исследуемой почвы

Агрофон	Деградация гербицида*	Уровень детоксикационной способности	
		По фитотесту	По Кд
Залежь	100	очень высокий	очень высокий
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	50–80	высокий	высокий
Оставление соломы на поле + чистый пар	50–80	высокий	высокий
Удаление соломы с поля + чистый пар	30–50	средний	средний
Многолетний пар	0–20	низкий	низкий

Примечание. *Степень исчезновения остаточной фитотоксичности рекомендованной дозы гербицида за 45 сут., %

Литература

1. Данилова А. А. Биологические свойства и детоксикационная активность чернозема выщелоченного в зависимости от количества поступающего растительного вещества // Агрохимия. 2012. №9. С. 64–70.
 2. Данилова А. А. Способ оценки детоксикационной активности черноземов в агроценозах. Патент РФ №2525677. Оpubл. 20.08.2014 Бюл. №23.
 3. Данилова А. А., Саввинов Г. Н., Данилов П. П., Петров А. А. Способ оценки функциональной устойчивости сапротрофного микробного сообщества почвы. Патент РФ №2562855. Оpubл. 17.08.2015. Бюл. №25
 4. Шарков И. Н., Самохвалова Л. М., Мишина П. В., Шепелев А. Г. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. 2014. №4. С. 473–479.
-

SOIL ORGANIC CARBON AND RESISTANCE OF MICROBIAL COMMUNITY

Danilova A. A.

Research was conducted in Western Siberia. The soil is leached chernozem. Soil samples with the content of belowground biomass 350 – 420 – 660 – 800 – 1200 mg C / kg were used in the experiment. The functional diversity of the soil microbial complex was assessed using a *CLPP*. This test estimates the activity of soil microbial complex according to the utilization intensity of various carbon sources, where the intensity is assessed by the color reaction with tetrazolium salts. 24 substrates (Dulcic, Inositol, lures, sorbitol, glycerol, maltose, lactose, sucrose, raffinose, glucose, arabinose, rhamnose, xylose, galactose, fructose, starch, cellulose, urea, K citrate, NH₄-citrate, K malate, K-Na tartrate, NH₄ oxalic, TWIN 80) were involved in the test. Evenness of functional diversity (E) was studied in incubation experiments: a) without addition of carbon sources b) with addition of herbicide Magnum (metsulfuron methyl). Two scales for the estimation of functional stability of microbial community (FS) was offered. The close correlation of FS with the soil's ability to detoxify the herbicide Magnum was experimentally shown. Thus, the proposed scales can be used to evaluate the self-purifying capacity of soils in agrocenoses.

Keywords: Soil organic carbon, microbial community, CLPP, metsulfuron methyl.

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТИ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ

Н. Н. Дмитриев, Е. Н. Дьяченко

ФБГНУ Иркутский НИИСХ e-mail: gnu_iniish@mail.ru

Аннотация. Внесение извести в дозе 0,5 Н_г (5,7 т/га) достоверно улучшало агрохимические показатели почвы. Установлено, что последствие известковых удобрений повышало урожайность ячменя, в среднем за 2001–2012 гг., на 3,1–4,6 ц/га. Эффективность минеральных удобрений составила 4,4–8,7 ц/га на естественном и 3,0–7,2 ц/га на произвесткованном фонах. Использование клевера на сидерат как предшественника пшеницы сглаживало последствие минеральных и известкованных удобрений

Рациональное применение минеральных и органических удобрений в сочетании с известкованием является одним из основных приемов повышения продуктивности агроценозов в условиях Приангарья.

Исследования, проведенные во второй прошлого века по изучению эффективности известкования на урожайность сельскохозяйственных культур в регионе не дали положительных результатов [1–5]. Положительное влияние извести на урожайность полевых культур, качество продукции и эффективность применения удобрений в этот период было отмечено в Западной Сибири [6; 7], Красноярском крае [8].

В последующем опытами Иркутской ГСХОС, областной агрохимической лабораторией, а с 1994 по 2001 г. комплексными исследованиями Иркутского НИИСХ, выявлено положительное влияние извести на агрохимические свойства серой лесной кислой почвы, урожайность пшеницы, овса и кукурузы, определена оптимальная, экономически оправданная доза мелиоранта, рассчитанная по 0,5 Н_г (9).

Экспериментальные данные полученные на опытном поле Иркутского НИИСХ в стационарном четырехпольном плодосменном севообороте, заложенном в 2001 г., в среднем за 2001–2008 гг. свидетельствуют о высокой эффективности известкования, минеральных удобрений и сидерации [10–12].

Целью исследований являлось дать сравнительную оценку влияния комплексного и раздельного применения извести и минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы и ячменя в плодосменном севообороте и изменение агрохимических свойств кислых серых лесных почвах Прибайкалья за 2001–2012 гг.

Методика исследований. Объектом исследований являлся четырехпольный плодосменный севооборот: кукуруза, ячмень+клевер, клевер (сидерат), пшеница. Действие минеральных удобрений на урожайность культур изучалось на двух фонах – без извести и известь, внесенная по 0,5 Н_г (5,7 т/га). Известь вносили под кукурузу поверхностно с последующей заделкой дисковой боро-

ной в 2 следа на глубину 12–15 см. В качестве мелиоранта использовали стандартную известковую муку (содержание CaCO_3 85 %).

Применялись следующие системы удобрений: контроль (без удобрений), NP, PK, NK и NPK. Минеральные удобрения ($\text{N}_{\text{аа}}$, $\text{P}_{\text{сд}}$, $\text{K}_{\text{х}}$, ДАФК) вносили согласно схеме опыта вручную, вразброс под предпосевную культивацию: под кукурузу (гибрид F- 1, Молдавская 215) – в 1-й и 2-й ротациях $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{90}$ и $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ в 3-й ротации, под ячмень (сорт Соболек) с подсевом клевера (сорт Тулунский) – $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ в 1-й и 2-й ротациях и $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ в 3-й ротации, кг действующего вещества на один га. Сорт пшеницы – Тулунская 12.

Площадь посевной делянки $112,5 \text{ м}^2$ ($35 \times 3,5 \text{ м}$), учетной – $80,5 \text{ м}^2$. Повторность опыта четырехкратная. Учет урожая проводили поделяночно зерновым комбайном «Сампо-250». Статистическую обработку урожайных данных с использованием программы «Снедекор».

Почва опытного участка серая лесная кислая, тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими параметрами: содержание гумуса 4,5–5,0 % (по Тюрину), общего азота – 0,25 % (по Кьельдалю-Иодльбауэру), $\text{pH}_{\text{сол}}$ 3,9–4,4, $\text{H}_{\text{г}}$ – 9,1–10,6, S – 20,8–22,2 мг-экв./100 г (по Каппену), V – 68,4–72,1 %, содержание подвижного фосфора – 10–12, обменного калия – 8 – 10 мг/100 г почвы (по Кирсанову).

Почвенные образцы из пахотного слоя (0–20 см) отбирали после уборки культур. Химические анализы проводили в соответствии с руководством по химическому анализу почв [13].

Теплообеспеченность возделываемых культур в годы исследований была удовлетворительной. Лишь 2 года (2006, 2009) из 12 лет характеризовались недостатком эффективных температур (200–400 °C) для нормального вызревания зерновых культур. Из 12 лет с осадками меньше среднемноголетней нормы было 4 года (33 %), близко к норме 5 лет (42 %) и больше нормы – 3 года (25 %).

Результаты и обсуждение. Действие известковых удобрений изучалось на первой культуре севооборота – кукурузе. Последействие на второй культуре севооборота – ячмене с подсевом клевера.

Отмечено, что внесение извести в дозе 0,5 Нг (5,7 т/га) в первом поле первой ротации севооборота позволило достоверно улучшить агрохимические показатели почвы. Так, $\text{pH}_{\text{сол}}$ по сравнению с исходным показателем 3,8–4,1 возрос на 0,7–1,1, $\text{H}_{\text{г}}$ снизилась на 2,9–4,8 мг-экв/100 г почвы от исходного уровня 10,1–11,9 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями увеличилась на 6,5–12,5 % и составила 72,7–79,3 %.

Внесение извести во второй ротации севооборота улучшило агрохимические показатели, достигнутые в первой ротации, и позволило перевести почву из категории сильнокислых в категорию среднекислых и близких к нейтральным ($\text{pH}_{\text{сол}}$ 5,1–5,4, $\text{H}_{\text{г}}$ 5,5–6,2 мг-экв/100 г почвы, V 83,6–85,3 %).

Внесение извести в третьей ротации севооборота закрепило агрохимические показатели на достигнутом уровне.

Тенденция к снижению агрохимических показателей, достигнутых за счет внесения мелиоранта, к концу ротации была менее выражена в третьей ротации,

чем в первой и во второй. По ротациям и в среднем за 2001–2012 гг. влияние минеральных удобрений на изменение агрохимических свойств серой лесной кислой почвы, как на естественном, так и известкованном фонах было недостоверно.

Улучшение агрохимических показателей серой лесной кислой почвы оказало положительное влияние на продуктивность культур севооборота. В первой ротации севооборота прибавка урожая ячменя колебалась в пределах 2,1–2,7 ц/га и не зависела от степени удобренности. Минеральные удобрения достоверно повышали урожайность ячменя, как на фоне извести, так и без нее. Прибавка варьировала в пределах 2,5–5,7 ц/га (8,3–20,8 %) и была наибольшей в вариантах с внесением РК и NPK составив 3,6–4,1 и 5,2–5,7 ц/га (13,1–15,0 % и 17,3–20,8 %), соответственно. Известковые туки не оказывали положительного влияния на эффективность использования минеральных удобрений. (табл. 1).

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений и извести на урожайность ячменя в плодосменном севообороте

Внесено удобрений за ротацию севооборота кг/га д. в.		2001–2004 гг. (1-я ротация)			2005–2008 гг. (2-я ротация)			2009–2012 гг. (3-я ротация)			В среднем за три ротации		
		уро-жай-	прибавка	от	уро-жай-	прибавка	от	уро-жай-	прибавка	от	уро-жай-	прибавка	от
Без удобрений	1	27,4	-	-	20,2	-	-	30,9	-	-	26,2	-	-
	2	30,1	-	2,7	25,7	-	5,5	36,7	-	5,8	30,8	-	4,6
N ₁₃₀ P ₈₀ (N ₉₀ P ₄₀)	1	30,7	3,3	-	27,1	6,9	-	38,3	7,4	-	32,0	5,8	-
	2	32,8	2,7	2,1	30,8	5,1	3,7	41,8	5,1	3,5	35,1	4,3	3,1
P ₈₀ K ₁₃₀ (P ₄₀ K ₉₀)	1	30,4	3,0	-	24,9	4,7	-	36,6	5,7	-	30,6	4,4	-
	2	32,6	2,5	2,2	28,4	2,7	3,5	40,5	3,8	3,9	33,8	3,0	3,2
N ₁₃₀ K ₁₃₀ (N ₉₀ K ₉₀)	1	31,5	4,1	-	28,4	8,2	-	37,3	6,4	-	32,4	6,2	-
	2	33,7	3,6	2,2	32,4	6,7	4,0	41,2	4,5	3,9	35,8	5,0	3,4
N ₁₃₀ P ₈₀ K ₁₃₀ (N ₉₀ P ₄₀ K ₉₀)	1	33,1	5,7	-	30,4	10,2	-	41,1	10,2	-	34,9	8,7	-
	2	35,3	5,2	2,2	33,2	7,5	2,8	45,5	8,8	4,4	38,0	7,2	3,1
НСР ₀₅ , ц/га общая				2,1			2,1			2,0			
НСР ₀₅ , ц/га извести				1,3			1,7			1,4			
НСР ₀₅ , ц/га удобрений				1,6			2,0			1,9			

Примечание: 1 – фон без извести, 2 – фон известь 0. 5 г. к.

Закономерности, отмеченные в первой ротации севооборота, сохранились и во второй. Последствие известковых удобрений повышало урожайность ячменя на 2,8–5,5 ц/га (9,2–27,2 %), было выше в 1,4–2,0 раза по сравнению с первой и не зависело от степени удобренности. Внесение минеральных удобрений было эффективно. Урожайность ячменя на естественном фоне увеличилась на 23–50 %, на известкованном – на 13–37 %.

Снижение доз минеральных удобрений в третьей ротации севооборота не отразилось на урожайности ячменя. Как на естественном, так и известкованном фоне удобрения повышали урожайность ячменя (на 13,9–33,0 %). В варианте с NPK прибавка составила 8,8–10,2 ц/га (24,0–33,0 %) и была наибольшей в опыте.

В среднем за три ротации севооборота на производственном фоне прибавка урожая ячменя составила 3,1–4,6 ц/га (8,8–17,6 %) и не зависела от степени удобренности. Минеральные удобрения повышали урожайность ячменя на 4,4–8,7 ц/га (16,8–33,2 %) на естественном и 3,0–7,2 ц/га (7,9–23,4 %) на производственном фоне. В вариантах с внесением НК и НРК урожайность составила 32,4–35,8 ц/га и 34,9–38,0 ц/га и была наибольшей в опыте. Наименьшая – 30,6–33,8 ц/га отмечена на фоне РК.

Пшеница – замыкающая культура севооборота, на которой изучалось последствие минеральных удобрений 2-го года. Полученные результаты показали, что последствие, как извести, так и удобрений не оказало достоверного влияния на урожайность пшеницы (табл. 2).

Это объясняется тем, что пшеница размещалась по хорошему предшественнику (сидеральный пар), где содержание доступных питательных веществ было высокое и последствие минеральных удобрений и извести сглаживалось.

В третьей ротации севооборота урожайность пшеницы превысила первую и вторую на 9–55 %, что повлекло активное использование питательных веществ из почвы. При этом достоверная прибавка урожая от последствия удобрений 2-го года наблюдалась во всех вариантах опыта, за исключением естественного фона с НК и была в пределах 1,9–4,0 ц/га (4,8–10,0 %). Последствие извести было эффективно только на удобренном фоне.

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений и извести на урожайность пшеницы в плодосменном севообороте

Внесено удобрений за ротацию севооборота кг/га д,в,		2001–2004 гг, (1-я ротация)			2005–2008 гг, (2-я ротация)			2009–2012 гг, (3-я ротация)			В среднем за три ротации		
		урожайность	прибавка от		урожайность	прибавка от		урожайность	прибавка от		урожайность	прибавка от	
			удобрений	извести		удобрений	извести		удобрений	извести		удобрений	извести
Без удобрений	1	21,5	-	-	36,2	-	-	39,4	-	-	34,2	-	-
	2	22,2	-	0,7	37,1	-	0,9	40,2	-	0,8	33,2	-	0,8
N ₁₃₀ P ₈₀	1	22,4	0,9	-	36,7	0,5	-	41,8	2,4	-	33,6	1,2	-
	2	22,6	0,4	0,2	37,2	0,1	0,5	43,2	3,0	1,4	34,3	1,1	0,9
P ₈₀ K ₁₃₀	1	22,4	0,9	-	36,2	-	-	41,3	1,9	-	33,3	1,1	-
	2	22,8	0,6	0,4	36,7	-0,4	0,5	43,3	3,1	2,0	34,3	1,1	0,9
N ₁₃₀ K ₁₃₀	1	22,2	0,7	-	35,9	-0,3	-	40,6	1,2	-	33,0	0,6	-
	2	22,6	0,4	0,4	37,2	-	1,3	43,0	2,8	2,4	34,3	1,1	0,7
N ₁₃₀ P ₈₀ K ₁₃₀	1	22,3	0,8	-	36,2	-	-	42,9	3,5	-	33,8	1,4	-
	2	22,7	0,5	0,4	36,7	-0,4	0,5	44,2	4,0	1,3	34,5	1,3	0,7
НСР ₀₅ , ц/га общая				1,9			2,1			2,0			
НСР ₀₅ , ц/га извести				1,3			1,5			1,3			
НСР ₀₅ , ц/га удобрений				1,9			2,1			1,8			

Примечание: 1 – фон без извести, 2 – фон известь 0,5 г. к.

В среднем за три ротации последствие минеральных удобрений было недостоверно. Использование сидерального пара как предшественника пшеницы сглаживало последствие минеральных удобрений и извести во всех вариантах опыта.

ВЫВОДЫ

1. Применение извести, сидерации и минеральных удобрений в четырехпольном плодосменном севообороте позволило перевести почву из категории сильнокислых в категорию слабокислых.

2. В среднем за 2001–2012 гг. последствие известковых удобрений оказывало положительное влияние на урожайность ячменя. Прибавка урожая на известкованном фоне составила 3,1–4,6 ц/га (8,8–17,6 %) и не зависела от степени удобренности. Минеральные удобрения повышали урожайность ячменя на 4,4–8,7 ц/га (16,8–33,2 %) на естественном и 3,0–7,2 ц/га (7,9–23,4 %) на известкованном фонах. В вариантах с внесением НК и NPK урожайность составила 32,4–35,8 ц/га и 34,9–38,0 ц/га и была наибольшей в опыте. Отмечена тенденция снижения эффективности минеральных удобрений на произвесткованном фоне (7–10 %).

3. Использование сидерального пара как предшественника пшеницы сглаживало последствие минеральных удобрений на обоих фонах во всех вариантах опыта. Как на естественном, так и известкованном фонах последствие минеральных удобрений 2-го года не оказало достоверного влияния на урожайность пшеницы.

Литература

1. Дубов В. Г. Почвы Баяндаевского опытного поля // Труды Иркутской областной сельскохозяйственной опытной станции. 1927. Вып. 2. 86 с.
2. Потапов А. И. Кислотность таежных почв. Иркутск, 1928. 75 с.
3. Николаев И. В., Дубов А. И. Известкование почв в Восточной Сибири. Иркутск, 1933. 87 с.
4. Николаев Б. А. Почвы Иркутской области. Иркутск, 1949. 403 с.
5. Макеев О. В. Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1959. 347 с.
6. Неупокоев А. А. Влияние извести на кислотность дерново-подзолистых почв Омской области и урожай сельскохозяйственных культур : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 1972. 25 с.
7. Каличкин В. К. Агроэкологические основы мелиорации кислых почв Западно-Сибирской равнины / РАСХН, СибНИИЗХим. Новосибирск, 1998. 240 с.
8. Танделов Ю. П., Ершова О. В. Особенности кислых почв Красноярского края и эффективность известкования. Красноярск : Красгау, 2003. 146 с.
9. Влияние известкования на агрохимические свойства серой лесной почвы и продуктивность севооборота в условиях Приангарья / В. Т. Мальцев [и др.] // Ресурсы повышения эффективности сельскохозяйственного производства в Приангарье. Иркутск : ВостСибкнига, 2002. С. 57–69.
10. Лозовая Н. Г., Мошкарёв В. Н. Действие извести и удобрений на агрохимические свойства серой лесной почвы и урожайность полевых культур // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2007. № 12. С. 14–21.

11. Влияние комплексного применения извести и удобрений на агрохимические показатели серой лесной кислой почвы и продуктивность / В. Т. Мальцев, В. Н. Мошкарёв, В. А. Останин, Н. Г. Лозовая // Агрохимия. 2010. № 4. С. 35–42.

12. Влияние минеральных удобрений и извести на агрохимические показатели серой лесной кислой почвы и продуктивность севооборота в Иркутской области / В. Т. Мальцев, В. Н. Мошкарёв, Е. Н. Дьяченко, М. В. Бутырин // Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. М. : ВНИИА, 2012. С. 201–221.

13. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1962. 214 с.

ПОЧВЫ ГОРНЫХ ЛЕСОВ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Краснощеков Ю. Н.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, kyp47@mail.ru

Своеобразие почвенного покрова горного Прибайкалья отмечалось еще исследователями Переселенческого управления в начале XX в. [12]. Позднее И. В. Николаев [10] обобщив материалы предыдущих работ, сделал вывод, что в Прибайкалье, распределение почвенного покрова связано, главным образом, с геолого-геоморфологическими и климатическими особенностями.

Исследования в 50–60-е гг. прошлого столетия были посвящены географо-генетическому изучению почв, разработке систематики, составлению почвенных карт, почвенно-географическому районированию [5; 8; 14; и мн. др.]. Высказаны различные точки зрения как о господстве в горной тайге Прибайкалья подзолистых почв [6– 8, 15 и др.], так и об их локальном распространении [4; 11]. На карте «Почвенный покров Бурятской АССР» [2] в северной, преимущественно горной части региона, преобладающими показаны сочетания подзолов с дерново-буроземными (дерновыми подтаежными) почвами и глееземами торфянисто-перегнойными мерзлотными (мерзлотно-таежными глеевыми). На прибайкальских равнинах к доминирующим отнесены дерново-подзолистые глубокоглееватые и глеевые мерзлотные почвы, сочетающиеся с подзолами. На карте почвенного покрова в атласе «Байкал» [1] водоразделы хребтов под лесом заняты сочетаниями подзолов и подбуров при преобладании первых. Сопутствующие почвы – глееземы мерзлотно-таежные.

Таким образом, большинство авторов рассматривает почвенный покров автономных ландшафтов Прибайкалья как комбинации и комплексы почв с дифференцированным и недифференцированным профилем в различных поясах тайги.

В горном Прибайкалье, в пределах лесного пояса, формируются разнообразные почвы как по вещественному составу, так и свойствам, относящиеся к следующим отделам: альфегумусовые, текстурно-дифференцированные, структурно-метаморфические, глеевые, литоземы и органо-аккумулятивные почвы. В основу выделения типов почв нами положен принцип генетичности, предполагающий разделение почв в связи с оценкой их генетического профиля как совокупности (системы) горизонтов, отражающих в своих свойствах процессы их сформировавшие. Использование субстантивного подхода к диагностике почв позволяет объединять в единые таксоны почвы с одинаковыми морфогенетическими свойствами независимо от их возможной пространственной разобщенности и экологической приуроченности [3; 13].

Альфегумусовые почвы в горно-таежном поясе Прибайкалья имеют широкое распространение. Характеризуются они морфологически и аналитически выраженной иллювиальной аккумуляцией алюмо-железо-гумусовых соединений, формирующих хемогенный горизонт ВНГ коричневого или охристо-

бурого цвета. Почвообразующими породами служат относительно богатые первичными минералами хрящевато- супесчаные и хрящевато-суглинистые отложения, обладающие высокой (провальной) водопроницаемостью.

Подбуры наиболее широко распространены в таежном лиственничном и кедровом высотно-поясных комплексах (ВПК) типов леса, под лиственничниками бруснично-зеленомошными, рододендроново-бруснично-зеленомошными; кедровниками чернично-зеленомошными, багульниково-зеленомошными. Суровые климатические условия способствуют формированию в верхней части почвенного профиля грубогумусного оторфованного, перегнойно-торфянистого, перегнойного горизонта, мощностью 10–15 см. Минеральная часть профиля обычно слабо дифференцирована на горизонты, однако горизонт ВНН, как правило, выделяется более темной окраской. Строение профиля типа О-АО(АОТ;Th;Oh)-ВНН-С.

Дерново-подбуры формируются в пределах таежного и подтаежного ВПК под лиственничниками и сосняками бруснично-разнотравными, рододендроновыми бруснично-разнотравными, разнотравными типами леса.

В отличие от вышерассмотренных подбуров, для морфологического строения дерново-подбуров характерно присутствие маломощной лесной подстилки (1–2 см), под которой расположен серогумусовый горизонт АУ мощностью 8–10 см. Часто под серогумусовым горизонтом присутствует осветленный горизонт АУе или е, мощностью до 10 см. Профиль типа: О-АУ(АУе)-ВНН-С.

Подзолы широко распространены в верхней и средней части горно-таежного пояса, преимущественно на водоразделах низких хребтов и склонах теневых экспозиций под таежными сосновыми и лиственничными лесами бруснично-разнотравными и рододендроновыми бруснично-разнотравными типами. Почвенный профиль хорошо дифференцирован на генетические горизонты по элювиально-иллювиальному типу: О-АЕ-Е-ВНН(ВН)-С. Отсутствие самостоятельного грубогумусированного или грубогумусового горизонтов связано с быстрыми темпами минерализации органического вещества, с одной стороны, и достаточно высокой скоростью альфегумусового подзолообразования – с другой.

В пределах таежных кедрового и лиственничного ВПК, под насаждениями зеленомошных типов леса формируются подзолы грубогумусовые перегнойно-торфянистые и оторфованные. Они достаточно хорошо дренированы, щебнистые и не имеют признаков оглеения.

Подзолы грубогумусовые на поверхности имеют довольно мощную лесную подстилку (3–5 см). Далее следует грубогумусовый горизонт АО (Oh; Th), мощностью 6–16 см. Подзолистый горизонт Е имеет мощность 5–10 см. Профиль типа: О- АО(Oh;Th)-Е-ВНН-С.

Текстурно-дифференцированные почвы в пределах горного Прибайкалья распространены, главным образом, в средней и нижней части таежно-лесного пояса. Формируются они в условиях светлохвойного таежного и подтаежного ВПК, под сосновыми, лиственничными и производными лесами в основном разнотравной группы типов леса. Нередко встречаются они и под травяно-зеленомошными и зеленомошными темнохвойными лесами.

Подзолистые почвы обычно формируются в средней части лесного пояса, под насаждениями зеленомошной группы типов леса: сосняками и лиственничниками рододендроновыми бруснично-зеленомошными; кедровниками багульниково-бруснично-зеленомошными, травяно-моховыми. Занимают они в основном выположенные участки пологих склонов и водоразделов. Для морфологического строения рассматриваемым почвам характерно присутствие лесной подстилки (2–3 см), ниже залегает грубогумусовый (АО) или перегнойный (Oh) горизонт, мощностью 10–15 см. Элювиальный горизонт EL имеет мощность 11–14 см. Профиль типа: О-АО(Oh)-EL-BT-C.

Дерново-подзолистые почвы распространены в нижней части среднегорного пояса, под насаждениями разнотравной группы типов леса. По морфологическому строению для них характерно присутствие маломощной лесной подстилки (1–2 см), ниже залегает серогумусовый горизонт (4–7 см). Элювиальный горизонт EL имеет мощностью 4–11 см. Строение профиля типа: О-АУ-EL-BT-С.

В условиях ослабленного дренажа в нижних и средних частях склонов, в пределах таежного кедрового и лиственничного ВПК, под чернично-зеленомошными и бугульниково-зеленомошными типами леса, встречаются *подзолисто-глеевые почвы*. Выделено два подтипа: торфянистые подзолисто-глеевые и перегнойные подзолисто-глеевые. Характерным для этих почв является оглеение, главным образом, верхней части профиля находящейся над слоем сезонной мерзлоты. Профиль типа: О-АО(Т;Oh)-ELg-BELg-BT-С.

Среди *структурно-метаморфических почв* в Прибайкалье обосновано наличие буроземов грубогумусовых [9; 16]. *Буроземы грубогумусовые* формируются в условиях таежно-черневого высотно-поясного комплекса темнохвойных лесов. Эти леса имеют широкое распространение на северо-западном склоне в центральной части хр. Б. Хамар-Дабан. Пространственно таежно-черневой ВПК занимает абсолютные высоты 500–850 м.

Буроземы черневого пояса Хамар-Дабана характеризуются строением профиля типа О-АО-ВМ-С. Профиль почв слабо дифференцирован на генетические горизонты, имеет бурую, темно-бурую, коричневую окраску. При переходе к материнской породе окраска принимает более светлые тона.

Глеевые почвы широко распространены в северо-западной, северо-восточной и восточной частях горного Прибайкалья. Формирование этих почв связано с наличием мерзлоты. Непромывной водный режим и наличие надмерзлотной верховодки способствуют хорошо выраженному процессу оглеения.

Глееземы перегнойно-грубогумусовые мерзлотные широко распространены в подгольцово-таежном ВПК типов леса, где они участвуют в структуре почвенного покрова как на водораздельных пространствах, так и в нижних частях затененных склонов. К концу вегетационного периода эти почвы оттаивают до глубины 20–80 см. По морфологическому строению почвы характеризуются наличием лесной подстилки и перегнойно-грубогумусового горизонта, мощностью до 30 см. Ниже залегают сильно переувлажненные и оглеенные, за счет

надмерзлотной верховодки, минеральные горизонты. Профиль типа: О-АО-АOh-G -1CG.

Глееземы грубогумусовые оподзоленные мерзлотные имеют небольшое распространение в горно-таежном поясе в пределах таежного лиственничного и кедрового ВПК, под лиственничниками и кедровниками багульниково-моховыми, бруснично-багульниково-моховыми типами леса. Для почв характерно наличие мощной лесной подстилки, грубогумусового горизонта и осветленного оподзоленного горизонта в верхней части надмерзлотной глеевой толщи. Профиль типа О-АО-Ge-G-1CG. Почвы всегда имеют на той или иной глубине многолетнюю мерзлоту. В летний период оттаивают на 60–100 см.

Литоземы. Почвы отдела в наиболее типичном виде формируются в горных областях в разных высотных поясах – от высокогорного гольцово-тундрового до горного степного и сухостепного. Отдел объединяет почвы, профиль которых состоит только из органогенного или гумусового горизонта различной природы, сформированные на маломощной мелкоземистой толще, подстилаемой, непосредственно на глубине 20–30 см, плотной породой любого состава и генезиса [3]. *Литоземы грубогумусовые* распространены в пределах подгольцово-таежного и таежных классов ВПК типов леса. *Литоземы серогумусовые* имеют широкое распространение в пределах таежного светлехвойного, подтаежного и подтаежно-лесостепного ВПК под насаждениями разнотравной группы типов леса. *Карбо-литоземы темногумусовые* формируются в подтаежном и подтаежно-лесостепном ВПК в местах выхода на поверхность плотных карбонатных пород.

Органо-аккумулятивные почвы в горном Прибайкалье широко распространены в пределах светлехвойного таежного, подтаежного и подтаежно-лесостепного ВПК типов леса и составляют здесь основной фон почвенного покрова. Почвы характеризуются одним лишь ясно выраженным органогенным или гумусовым горизонтом, постепенно сменяющимся малоизмененной рыхлой почвообразующей породой, мощность которой превышает 30 см [3]. В зависимости от сочетания факторов почвообразования выделены следующие типы почв: серогумусовые и темногумусовые почвы.

Серогумусовые почвы формируются под сосняками и лиственничниками разнотравными, бруснично-разнотравными, рододендроновыми бруснично-разнотравными, спирейно-разнотравными. Материнскими породами служат остаточные и переотложенные коры выветривания плотных, силикатных (бескарбонатных) пород суглинистого гранулометрического состава. Профиль типа: О-АУ-Ct,f-C.

Темногумусовые остаточно-карбонатные почвы распространены в горном Прибайкалье в местах выхода на дневную поверхность карбонатных пород. Развиваются они под разнотравными сосновыми, лиственничными лесами и их производными. Почвы характеризуются наличием маломощной подстилки (1–2 см); дернового темноокрашенного горизонта АУ, мощностью 6–20 см, постепенно переходящего в материнскую породу. Характерной чертой этих почв яв-

ляется наличие легкорастворимых солей в горизонтах Сса, реже в горизонте АУСса. Профиль типа: О-АУ-АУС-Сса.

В заключении хочется отметить, что на протяжении 85 лет существования кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов (ранее почвоведения и агрохимии) ИГУ, ее сотрудники непосредственно участвовали и внесли весомый вклад в изучение почв и почвенного покрова горного Прибайкалья. Это работы И. В. Николаева, О. В. Макеева, М. А. Корзуна, В. П. Мартынова, А. С. Мартыновой, Г. А. Воробьевой, П. И. Ивельского и др. В настоящее время сотрудники кафедры активно продолжают изучение почв горного Прибайкалья, используя современные подходы и методы исследований.

Литература

1. Карта почвенного покрова. М-б 1:2 500 000 // Байкал. Атлас. М. : Федер. служба геодезии и картографии, 1993. С. 130–131.
2. Карта почвенного покрова Бурятской АССР. М-б 1:1 000 000 (авт.: В. П. Мартынов, Ц. Х. Цыбжитов). М. : ГУКГ при СМ СССР, 1980.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена. 2004. 342 с.
4. Копосов Г. Ф. Генезис почв гор Прибайкалья. Новосибирск : Наука, 1983. 255 с.
5. Почвенное районирование Байкальской Сибири / М. А. Корзун, О. В. Макеев, Н. А. Ногина, К. А. Уфимцева. Улан-Удэ, 1960. 68 с.
6. Краснощекоев Ю. Н., Горбачев В. Н. Лесные почвы бассейна оз. Байкал. Новосибирск : Наука, 1987. 145 с.
7. Кузьмин В. А. О горных почвах Предбайкалья // Почвоведение. 1973. № 9. С. 11–22.
8. Мартынов В. П. Почвы горного Прибайкалья. Улан-Удэ, 1965. 165 с.
9. Мартынова А. С., Мартынов В. П. Почвы северной части Байкальского государственного заповедника // Охрана и рациональное использование почв Западного Забайкалья. Улан-Удэ, 1980. С. 34–46.
10. Николаев И. В. Почвы Восточно-Сибирского края. М. ; Иркутск : ОГИЗ, 1933. 164 с.
11. Ногина Н. А. Почвы Забайкалья. М. : Наука, 1964. 314 с.
12. Прасолов Л. И. Южное Забайкалье. Почвенно-географический очерк. М. ; Л., 1927. Вып. 12. 420 с.
13. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
14. Почвы//Атлас Забайкалья. М. ; Иркутск : ГУКГ, 1967. С. 54–55.
15. Соколов И. А., Таргульян В. О. Статистический подход к анализу почвенного покрова (на примере горно-таежного Забайкалья) // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М. : Наука, 1970. С. 131–147.
16. Цыбжитов Ц. Х., Убугунова В. И. Генезис и география таежных почв бассейна оз. Байкал. Улан-Удэ, 1992. 240 с.

SOILS OF MOUNTAIN FORESTS IN THE BAIKAL REGION

Krasnoshchekov Yu. N.

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Krasnoyarsk, kyn47@mail.ru*

In the mountainous Baikal region, a variety of soils is formed within the forest belt: alfhumus, texture-differentiated, structural-metamorphic, gley, litozami and organic-accumulative. They differ in material composition and properties. The altitudinal belt differentiation and morphological, physico-chemical and chemical characteristics are given.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПОЧВЕ

Ф. Д. Микаилсой

Сельскохозяйственный факультет Университета «Ыгдыр», Ыгдыр, Турция

1. Введение

При моделировании процессов переноса тепла в почве возникает необходимость анализа решений уравнения теплопроводности, поскольку для практических расчетов теплового режима могут быть использованы приближенные решения, имеющие более простой вид и обладающие достаточной точностью, которые должны быть по возможности в более полном соответствии с физической картиной процессов распространения тепла в почве. Для этого целесообразно проанализировать влияние на процесс переноса тепла в почве наиболее часто используемые в практике упрощения, оценить влияние краевых условий, отдельных членов и коэффициентов дифференциальных уравнений, влияние размеров области на описываемый процесс. Точность и адекватность физически обоснованных моделей определяются прежде всего экспериментальной информацией по физическим, гидрофизическим и физико-химическим свойствам отдельных слоев (горизонтов) почв и их условиям на верхней и нижней границах. На данном этапе развития моделирования основная проблема, на наш взгляд, состоит в получении почвенного экспериментального обеспечения, удовлетворяющего точности пространственно распределенной динамической модели [3].

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния граничных условий на разработку методики определения коэффициента температуропроводности почвы, основанной на решении обратных задач уравнения теплопереноса

2. Выбор модели теплопереноса в почве

Известно, что одномерное распространение тепла в почве описывается классическим уравнением теплопроводности, которое имеет следующий вид [1–11]:

$$\partial T / \partial t = \kappa \partial^2 T / \partial x^2 \quad (2.1)$$

где $T(x, t)$ – температура ($^{\circ}\text{C}$) почвы в точке x (м) в момент времени t (с); κ – коэффициент температуропроводности ($\text{м}^2/\text{с}$).

3. Идентификация краевых условий

Для исследования влияния граничных условий при моделировании переноса тепла в почве необходимо поставить начальные и граничные условия.

Известно, что влияние начального условия практически не сказывается на распределения температуры почвы в момент наблюдения. Если момент времени который нас интересует достаточно удалён от начального, то имеет смысл пренебречь начальными условиями, поскольку их влияние на процесс с течением времени ослабевает. Особенно, при периодической постановке задачи

(например, суточного или годового хода температуры почвы) начальное условие отсутствует [1; 3–4; 7].

Наиболее удобной характеристикой, которая может фигурировать в качестве граничного условия 1-го рода, является динамика температура деятельной поверхности почвы в виде известной функции времени – тригонометрическим полиномом:

$$T(0, t) = \varphi(t) = T_0 + \sum_{j=1}^m T_j \cdot \cos(j\omega t + \varepsilon_j), \quad (3.1)$$

где T_0 – среднесуточная (или годовая) температура деятельной поверхности почвы; m – число гармоник; T_j – амплитуды колебаний температуры поверхности почвы; $\omega = 2\pi/\tau_0$ – круговая суточная (или годовая) частота; τ_0 – период (длина) волны выраженный в сутках или в годах; ε_j – сдвиги фаз, зависящие от начала отсчета времени.

Определенный интерес представляет задание граничных условий на глубине. Обычно нижнее граничное условие задается с учетом того факта, что температурные колебания быстро затухают с глубиной.

В качестве второго граничного условия обычно принимается постоянство температуры на достаточно большой глубине. При этом возможны два варианта записи граничного условия. В первом варианте предполагается, что температура почвы становится постоянной только при $x \rightarrow \infty$, т. е.

$$T(\infty, t) = T_0 \quad (3.2)$$

Во втором варианте температура почвы не изменяется начиная с глубины $x \geq L$, т. е.

$$\partial T(L, t) / \partial x = 0. \quad (3.3)$$

4. Решение прямой задачи теплопереноса в почве

Нам следует рассмотреть решение задачи, в которых заданы краевые условия и отсутствуют начальные.

Решение уравнения (2. 1) при краевых условиях (3. 1) и (3. 2) в безразмерных переменных имеет вид [1, 3]:

$$T(y, \tau) = T_0 + \sum_{j=1}^m \Phi_j(y, b_j) \cdot \cos[j\bar{\omega}\tau + \alpha_j(y, b_j)] \quad (4.1)$$

где $y = x/L$, $\tau = \kappa t / L^2$, $b_j = \sqrt{j\bar{\omega}/2}$, $\bar{\omega} = \omega L^2 / \kappa$ и

$$\Phi_j(y, b_j) = T_j \cdot e^{-b_j y}, \quad \alpha_j(y, b_j) = \varepsilon_j - \psi_j(y, b_j), \quad \psi_j(y, b_j) = b_j y. \quad (4.2)$$

Можно показать, что решение уравнения (2. 1) при граничных условиях (3.1) и (3. 3) на нижней границе также имеет вид (4. 1), где функции Φ_j и ψ_j определяются через:

$$\begin{aligned} \Phi_j(b_j, y) &= T_j \sqrt{\frac{\operatorname{ch}(d_j) + \cos(d_j)}{\operatorname{ch}(2b_j) + \cos(2b_j)}}, \quad d_j = 2b_j(1-y) \\ \psi_j(y, b_j) &= \arctan \left[\frac{\operatorname{sh}(q_j) \sin(b_j y) + \operatorname{sh}(b_j y) \sin(q_j)}{\operatorname{ch}(q_j) \cos(b_j y) + \operatorname{ch}(b_j y) \cos(q_j)} \right], \quad q_j = b_j(2-y) \end{aligned} \quad (4.3)$$

5. Решение обратной задачи теплопереноса в почве

При решении многих вопросов, связанных с тепловыми процессами в почве, приходится иметь дело с коэффициентом температуропроводности κ почвы. Определению κ почвы на основе использования решения (4. 1) упрощенного уравнения теплопереноса (2.1) посвящено немало работ, предложено много методов [1; 3–6; 9–11]. Все эти методы основаны на анализе изменения температуры почвы на разных глубинах во времени. Эти методы приводят к усредненному значению коэффициента температуропроводности за рассматриваемый период времени, исходя из постоянства величины κ по толщине почвы. Здесь мы в кратце рассмотрим только некоторые из них, которые представляют наибольшую ценность.

Используя решение (4. 1) с (4. 2) для $m=1$ и $m=2$ можно вывести формулы для определения коэффициента температуропроводности κ для произвольного периода τ_0 и безразмерной глубины y . Для этого необходимо знать распределение температуры в почвенном слое $[0, L]$ для *четырех и восьми моментов времени* на расчетном интервале времени τ_0 .

Используя решение (4. 1) для $m=1$, т. е. $T(y, \tau) = T_0 + \Phi_1(y, b_1) \cdot \cos(\bar{\omega}\tau + \alpha_1)$, сначала для произвольного глубины y и времени $t_i = i \cdot \tau_0 / 4$ записываются следующие четыре уравнения:

$$T(y, t_i) = T_0 + \Phi_1(y, b_1) \cdot \cos(\pi i / 2 + \alpha_1), \quad (i = \overline{1, 4}) \quad (5.1)$$

так как имеет место

$$j\bar{\omega}\tau_i = j \cdot \frac{\omega L^2}{\kappa} \cdot \frac{\kappa}{L^2} t_i = j \cdot \omega t_i = j \cdot \frac{2\pi}{\tau_0} \cdot i \cdot \frac{\tau_0}{4} = j \cdot \frac{\pi}{2} \cdot i \quad \text{и} \quad \bar{\omega}\tau_i = \frac{\pi}{2} \cdot i.$$

После некоторых преобразований уравнений (5. 1) имеем:

$$\sum_{i=1}^2 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+2})]^2 / 4 = \Phi_1^2(y, b_1). \quad (5.2)$$

Учитывая обозначения (4. 2)-(4. 3) для функции $\Phi_1(y, b_1)$ и $K_1(b_1, y)$ в равенстве (5. 2) имеем следующие выражения, которые соответствуют граничным условиям (3. 2) и (3. 3):

$$\sum_{i=1}^2 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+2})]^2 / 4T_1^2 = e^{-2b_1 y} \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^2 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+2})]^2 / 4T_1^2 = \frac{\operatorname{ch}[2b_1(1-y)] + \cos[2b_1(1-y)]}{\operatorname{ch}(2b_1) + \cos(2b_1)}. \quad (5.4)$$

Для определения коэффициента температуропроводности κ (с использованием формулы (5.3) и (5.4)) необходимо знать: T_1 – амплитуды колебаний температуры деятельной поверхности почвы; τ_0 – период (длина) суточной (годовой) волны, выраженный в сутках или в годах; $T(y_*, t_i^*), (i = \overline{1, 4})$ – значения температуры почвенного слоя $[0, L]$ на произвольной глубине $y_* = y = x_* / L$ для *четырех моментов времени*: $t_i^* = i \cdot \tau_0^* / 4 \quad (i = \overline{1, 4})$. Например, если $\tau_0^* = 24$ ч, то $t^* = 6, 12, 18$ и 24 ч.

Имея эти данные, сначала подсчитываем разницы: $[T(y_*, t_i^*) - T(y_*, t_{i+2}^*)]$ для всех $i = \overline{1, 4}$. Далее, из формулы (5.3) находим значение коэффициента температуропроводности на глубине $x_* = x$ через формулы:

$$\kappa^* = \frac{\pi}{\tau_0} \cdot \frac{(2x_*)^2}{\ln^2 \left\{ \sum_{i=1}^2 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+2})]^2 / 4T_1^2 \right\}}, \quad (5.5)$$

так как имеет место: $y_* = x_* / L$, $b_1 = \sqrt{\omega L^2 / 2\kappa^*}$, $\omega = 2\pi / \tau_0$ и $2b_1 y = 2x \sqrt{\pi / \kappa \tau_0}$

Определения κ с использованием формулу (5.4) осуществляется методом подбора на ЭВМ значения параметра b_1^* из условия совпадения значения левой и вычисленной по исходным данным правой части, т. е.

$$\sum_{i=1}^2 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+2})]^2 / 4T_1^2.$$

Из соотношения $b_1^* = \sqrt{\omega L^2 / 2\kappa^*}$ находим значение коэффициента температуропроводности κ на глубине $x = x_*$, который равен

$$\kappa^* = \frac{\pi \cdot L^2}{\tau_0 \cdot b_1^{*2}}. \quad (5.6)$$

Аналогично, на основе решения (4.1) с (4.2) и (4.3) для $m=2$ можно вывести формулу для определения коэффициента температуропроводности κ для произвольного периода τ_0 .

Для этого необходимо знать распределение температуры в почвенном слое $[0, L]$ для *восьми моментов времени* на расчетном интервале времени τ_0 . При этом в формулах (5.2)–(5.5) должны быть выражение: $\sum_{i=1}^4 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+4})]^2 / 8T_1^2$.

6. Результаты

С целью установления влияния граничных условий на поверхности почвы на решение обратных задач моделирования теплопереноса в почве, нами были проведены экспериментальные исследования. Задача исследований состояла в том, чтобы рассчитать коэффициент κ в почвах на основе существующих методов, разработанных для случая одной и двумя гармониками и их сравнение.

Исследования проведены в почвенных колонках, взятых на опытной станции сельскохозяйственного факультета университета «Сельчук» (г. Конья). Ход изменения температуры почвы во времени (1, 2, ..., 24 ч) и на глубине (0, 10, 20, ..., 100 см) определяли с помощью компьютерной измерительной системы EDLS (Elimko Data Logger Sistem), оборудованной для экспериментов в полевых и лабораторных условиях.

Для определения параметров поверхности почвы в (3.2) приняли одну и две гармоники. Используя результаты измерений, с помощью метода наименьших квадратов определили параметры распределения температуры поверхности исследуемых почв.

$$T(0, t) = \varphi_1(t) = 23.6375 + 10.1869 \cdot \cos(0.2618t + 2.5349), \quad (\eta = 0.9059; \sigma_{T/t} = 3.6; \bar{\epsilon} = 14.52\%)$$

$$T(0,t) = \hat{\phi}_2(t) = \phi_1(t) + 4.6393 \cos(0.5236t - 0.7469), (\eta = 0.9955; \sigma_{T/t} = 0.85; \bar{\varepsilon} = 2.64\%)$$

где η – корреляционное отношение; σ – стандартная ошибка; $\bar{\varepsilon}$ – средняя относительная ошибка аппроксимации. Как видно из выражений $T(0,t)$ для $m=1$ и $m=2$, введение второй гармоники позволяет с высокой точностью определить параметры распределения температуры на поверхности почвы.

Далее, используя экспериментальные исходные данные с помощью предложенных формулы (5.5) и (5.6), определили значения коэффициента температуропроводности (k), для которых соответственно получены следующие результаты: по формуле (5.5) $k = 6.965 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ и $8.475 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, по формуле (5.6) $k = 5.479 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ и $6.346 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, соответственно для одной $m=1$ и второй $m=2$ гармоники. Результаты выявили различия в значениях коэффициента в исследуемом почве.

Используя рассчитанные коэффициенты температуропроводности были вычислены значения температуры почвы по решение (4.1) при условии (3.2) для гармоники $m = 1$ и $m = 2$. Полученные данные графически выглядят следующим образом на рис. 1.

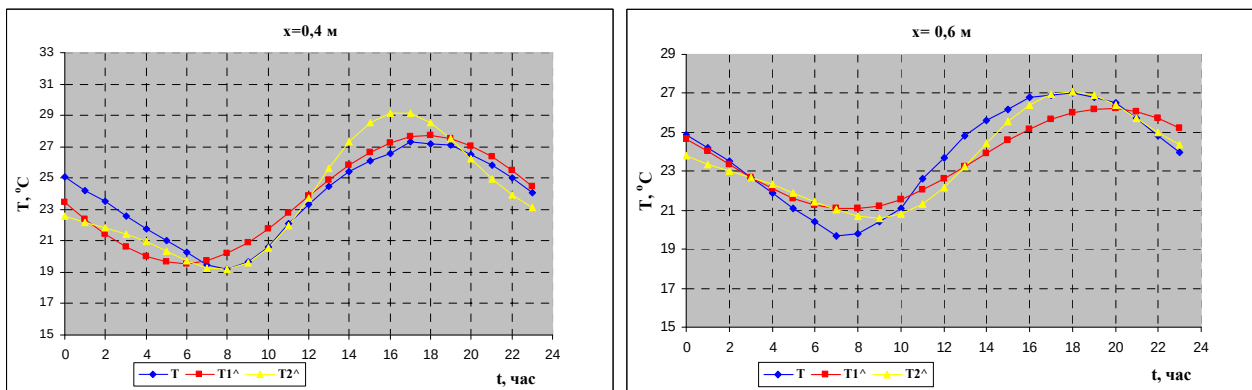


Рис. 1. Сравнения температуры почвы, предсказанные одной и двумя гармониками на глубинах 0,4 и 0,6 м

Сравнения решения (3.1) для $m=1$ и $m=2$ проводилась при помощи следующих статистических параметров $\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^{24} (T_i - \hat{T}_i^0)^2}{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}}$ – корреляционное отношение, $RMSE = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} (T_i - \hat{T}_i^0)^2}{(n-2)}}$ – стандартная ошибка оценки зависимой переменной $T(x,t)$, $NSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} (T_i - \hat{T}_i^0)^2}{\sum_{i=1}^{24} T_i^2}}$ – нормированные стандартные ошибки оценок и $MAPE = \bar{\varepsilon} = \frac{100\%}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |T_i - \hat{T}_i^0| / T_i$ – средняя ошибка аппроксимации.

В табл.е 1 представлены статистические характеристики этих показателей.

Таблица 1

Результаты статистического анализа

	Глубина, см									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
r	0,455	0,520	0,773	0,911	0,963	0,914	0,834	0,763	0,709	0,614
	0,225	0,202	0,664	0,859	0,955	0,944	0,876	0,804	0,776	0,707
σ	3,696	2,838	1,867	1,091	0,682	0,996	1,173	1,227	1,336	1,469
	4,044	3,254	2,203	1,354	0,750	0,811	1,023	1,127	1,195	1,316
NSE	0,150	0,114	0,076	0,045	0,028	0,041	0,048	0,049	0,054	0,059
	0,165	0,131	0,090	0,056	0,031	0,033	0,042	0,045	0,048	0,053
ε	14,372	10,297	6,632	3,944	2,499	3,476	3,985	4,160	4,587	5,184
	14,825	11,731	7,835	4,252	2,362	2,709	3,501	3,795	4,247	4,741

*в числителе значения для $m=1$, знаменителе для $m=2$ гармоники.

Из табл. 1 видно, что при $x > 50$ см, решение (4.1) при условии (3.2) с двумя гармониками лучше описывает экспериментальных данных чем с одной гармоникой.

Литература

1. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М. : Наука, 1964. 486 с.
2. Куртнер Д. А., Чудновский А. Ф. Агрометеорологические основы тепловой мелиорации почв. Л. : Гидрометеоиздат, 1979. 231 с.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М. : Высш. шк., 1967. 600 с.
4. Микайылов Ф. Д., Шеин Е. В. Теоретические основы экспериментальных методов определения температуропроводности почв // Почвоведение. 2010. № 5. С. 597–605.
5. Микайылов Ф. Д., Шеин Е. В. Граничные условия при моделировании переноса тепла в почве // Агрофизика. 2014. № 4(16). С. 1–7.
6. Нерпин С. В. Чудновский А. Ф. Физика почв. М. : Наука, 1967. 650 с.
7. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнение математической физики. М. : Наука, 1966. 724 с.
8. Шеин Е. В. Курс физики почв. М. : Изд. МГУ, 2005. 431 с.
9. Juri W. A., Gardner W. R., Gardner W. H. Soil Physics. N. Y., 1991. 328 p.
10. Horton, R. Jr. Determination and use of soil thermal properties near the soil surface. New Mexico State
11. Otunla T. A. and Oladiran E. O. Evaluation of soil thermal diffusivity algorithms at two equatorial sites in West Africa// Annals Of Geophysics. 2013. Vol. 56, N 1. P. 1–12.

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОХРАНЫ ПОЧВ ЗАСУШЛИВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В. К. Савостьянов

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии»,
Абакан, savostyanov17@yandex.ru

Аннотация. Статья содержит краткий анализ использования почв юга Средней Сибири, сведения о проявлении эрозионных процессов с момента освоения целинных и залежных земель до настоящего времени, когда он проявляется лишь локально при нарушении землепользователями почвозащитных технологий обработки почв и выращивания сельскохозяйственных культур и не наносят существенного ущерба.

Современная концепция охраны почв предполагает сохранение оптимального соотношения между пашней и естественными кормовыми угодьями, отказ от ведения богарного земледелия в сухостепной зоне, дифференцированное применение систем противоэрозионных агротехнических мероприятий в зависимости от почвенно-климатических условий (с обязательным внесением удобрений), а при создании финансовых условий – с регулярным орошением и созданием защитных лесных насаждений, научно обоснованное вовлечение в пашню новых земель, недопустимость выпаса овец на пахотных землях, ведение сельского хозяйства на научной основе, улучшение подготовки по вопросам охраны почв учащихся и студентов в учебных заведениях.

Сплошная распашка значительных площадей целинных и залежных земель в 1954–1956 гг. на юге Средней Сибири вызвала катастрофическое развитие дефляции почв [2; 4], что привело к их деградации и к утрате возможности ведения эффективного земледелия и сельскохозяйственного производства в целом. Однако активное применение противоэрозионных мероприятий, предложенных учеными [1–4], позволило в 70–80-х гг. прошлого века существенно ослабить проявление эрозионных процессов и вести относительно устойчивое земледелие с получением 0,8–1,2 т зерна с гектара в годы повышенного увлажнения при характерной для субрегиона 13–14-летней цикличности выпадения атмосферных осадков, с резким снижением урожайности сельскохозяйственных культур в годы пониженного увлажнения. Практически полное повсеместное прекращение дефляции почв на юге Средней Сибири было достигнуто к началу XX в. после исключения из сельскохозяйственного оборота более 1,5 млн га пахотных земель (больше, чем было освоено в 1954–1956 гг.), которые подверглись стихийной консервации и были трансформированы в пастбища. Прекращению эрозионных процессов также способствовало обвальное (в 5–6 раз) сокращение поголовья овец, а также заметно – крупного рогатого скота и лошадей. Даже ураганный ветер при низкой влажности воздуха 12 апреля 2015 г., приведший к катастрофическим повсеместным пожарам на территории Хакасии, не привел к образованию пыльных бурь, поскольку вся поверхность почв была покрыта растительным покровом или стерней. Сегодня на используемой пашне, составляющей 10–30 % от бывшей после освоения целинных земель, наблюдаются лишь редкие, единичные, локальные вспышки эрозионных процессов при нарушении землепользователями почвозащитных технологий обра-

ботки почв и выращивания сельскохозяйственных культур, поскольку, несмотря на ликвидацию антропогенных причин возникновения эрозии почв, почвенно-климатические предпосылки ее возникновения остались и таят опасность нового проявления дефляции и эрозии почв при нерациональном землепользовании.

Современная концепция охраны почв засушливых территорий юга Средней Сибири предполагает сохранение оптимального соотношения пашни и естественных кормовых угодий (пастбищ и сенокосов) при полном отказе от ведения богарного земледелия в сухостепной зоне и не более 25–30 % пахотных земель в степной. На всей площади пашни должны осуществляться дифференцированно в зависимости от почвенно-климатических условий, системы противоэрозионных агротехнических мероприятий с применением органических, минеральных и, прежде всего, зеленых удобрений для повышения их эффективности и поддержания уровня плодородия почв. В структуре посевных площадей 20–30 % должны занимать многолетние травы [5–8; 11–12]. Значительно лучшие условия для сохранения плодородия почв, их более производительного использования создаются при регулярном экологически безопасном орошении и создании систем защитных лесных насаждений. Научные основы и практические технологии комплексной мелиорации почв засушливых территорий юга Средней Сибири разработаны [10], однако ее применение в условиях производства требует больших затрат финансовых средств, которых в современных экономических условиях пока нет ни у сельских товаропроизводителей, ни у государства.

Новое вовлечение в пашню деградированных земель, подвергнувшихся стихийной консервации, должно производиться обоснованно на основе детального почвенного обследования и всестороннего обоснования их пахотнопригодности, не превышая величины оптимального соотношения пашни и пастбищ. Для Республики Хакасия максимально целесообразная площадь пахотных земель в современных условиях ведения сельского хозяйства составляет 420–450 тыс. га, а для Республики Тувы – 120–140 тыс. га.

Должен быть полностью исключен выпас овец на пашне в осенне-зимне-весенний период. поголовье скота должно составлять экологически допустимой емкости естественных кормовых угодий для предотвращения их деградации и возникновения эрозионных процессов на «сбитых» пастбищах. Не допустим и валюнтарный подход властных структур к использованию почв, не основанный на разработках научных учреждений.

Для обеспечения охраны почв необходимо больше внимания уделять просветительной деятельности об их значении для жизни людей и функционирования биосферы, в том числе и при обучении в школе, средних и высших учебных заведениях.

При соблюдении всех отмеченных выше условий, прогноз развития эрозионных процессов на юге Средней Сибири на ближайшие 20–30 лет в целом благоприятный и не несет никакой угрозы почвам субрегиона. Однако уже сейчас необходимо вести научные исследования по разработке новых, прорывных тех-

нологий защиты почв от ветровой и водной (в том числе ирригационной) эрозии. К ним можно отнести искусственное оструктурирование почв, поиски путей сокращения потерь воды из почвы на физическое испарение. Проведенные нами по этим направлениям первые исследования дали обнадеживающие результаты [10], для использования их в будущем в сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Назын-оол В. Д. Борьба с ветровой эрозией почв. Кызыл : Тувин. кн. изд-во, 1967. 58 с.
2. Эрозия почв в районах Минусинской впадины и борьба с нею / Н. В. Орловский [и др.]. Красноярск, 1963. 63 с.
3. Эрозия почв и борьба с нею / Н. В. Орловский [и др.] // Система ведения сельского хозяйства зоны Восточной Сибири. Красноярск, 1967. С. 216–236.
4. Савостьянов В. К., Заборцев Н. И. Эрозия почв в Восточной Сибири. Красноярск : Кн. изд-во, 1966. 84 с.
5. Савостьянов В. К. Рациональное использование почв засушливых территорий Средней Сибири в современных условиях // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Почвы засушливых территорий, способы их рационального использования, предотвращение деградации и опустынивания» (25–28 июля 2013г., Абакан) / РАСХН, НИИ аграр. проблем Хакасии, Хакас., Иркут., Краснояр., Омское, Томское и Тувин. отд-ния Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Абакан, 2013. С. 87–98.
6. Савостьянов В. К. Исследования почв засушливых территорий Сибири / РАСХН, НИИ аграр. проблем Хакасии, Хакас. отд-ние Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Абакан, 2014. 332 с.
7. Савостьянов В. К. Использование и охрана почв засушливых территорий Сибири / РАСХН, НИИ аграрных проблем Хакасии, Хакас. отд-ние Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Абакан, 2014. 288 с.
8. Савостьянов В. К. Опустынивание на юге Средней Сибири / РАСХН, НИИ аграр. проблем Хакасии, Хакас. отд-ние Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Абакан, 2014. 72 с.
9. Савостьянов В. К. Концепция ведения сельскохозяйственного производства в аридной зоне Средней Сибири и Монголии и ее реализация в современных условиях // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию Сиб. НИИ экономики сельского хозяйства (3–4 июня 2015 г., г. Новосибирск). Новосибирск, 2015. С. 290–302.
10. Савостьянов В. К. Комплексная мелиорация почв засушливых территорий Сибири // РАСХН, НИИ аграрных проблем Хакасии, Хакас. отд. Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Абакан, 2016. – часть 1 – 476 с., часть 2 – 450 с.
11. Система ведения агропромышленного производства Республики Хакасия // МСХ РХ, НИИ аграрных проблем Хакасии СО РАСХН. Абакан, 2002. 187 с.
12. Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием на юге Средней Сибири Российской Федерации (Республика Хакасия, Республика Тува, южные районы Красноярского края) // ЮНЕП, ЦМП Госкомэкологии РФ, НИИ аграрных проблем Хакасии / науч рук. и ред. В. К. Савостьянов. Абакан, 2000. 295 с.

CONTEMPORARY CONCEPT ARMED OF SOILS ARID OF TERRITORIES OF THE SOUTH CENTRAL SIBERIA

V. C. Savostianov

Abstract. This article contains a brief analysis of the use of soils of the south Central Siberia, information about the manifestation of erosion since the development of virgin and fallow lands to date, when he appears only locally in violation of land users of soil conservation tillage and crop production, and do not cause significant damage.

The modern concept of soil protection involves preserving a balance between arable land and natural grassland, non-conducting rainfed agriculture in the dry steppe zone, differentiated application of systems of anti-agricultural activities, depending on soil and climatic conditions (with the mandatory application of fertilizers) and at create financial conditions – with regular irrigation and the creation of protective forest plantations, science-based involvement of new arable land, the inadmissibility of sheep grazing on arable land, farming on a scientific basis, improving training in soil conservation pupils and students in educational institutions.

ИЗВЕСТКОВАНИЕ – ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ

Полномочнов А. В.

Филиал ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр»
по Иркутской области, Иркутск, rsc28@mail.ru

В нашей стране почвы с повышенной кислотностью (рН ниже 5,5) занимают более 60 млн га, в том числе около 50 млн га приходится на пашню. Большая часть их находится в зоне дерново-подзолистых почв. Кроме того, кислой реакцией характеризуются красноземы, серые лесные, многие торфяно-болотные почвы и частично выщелоченные черноземы.

Повышенная кислотность почв оказывает отрицательное действие на рост и развитие большинства растений, поэтому известкование, одно из важнейших условий повышения плодородия кислых почв и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Для каждого вида растений существует определенная наиболее благоприятная для его роста и развития величина реакции среды. Большинство сельскохозяйственных культур и полезных почвенных микроорганизмов лучше развивается при реакции, близкой к нейтральной (рН 6–7).

При повышенной кислотности почвенного раствора ухудшаются рост и ветвление корней, проницаемость клеток корня. Нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы превращения простых углеводов (моносахаров) в другие более сложные органические соединения.

Вследствие вытеснения кальция ионами водорода из почвенного перегноя повышаются его дисперсность и подвижность, а насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к постепенному их разрушению. Этим объясняется малое содержание в кислых почвах коллоидной фракции, поэтому они имеют неблагоприятные физические и физико-химические свойства, плохую структуру, низкую емкость поглощения и слабую буферность [4].

В кислых почвах деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно азотфиксирующих свободноживущих и клубеньковых бактерий, для развития которых наиболее благоприятна нейтральная реакция (рН 6,5–7,5), сильно подавлена; образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных веществ, вследствие ослабления минерализации органического вещества протекает слабо. В то же время повышенная кислотность способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

Отрицательное действие повышенной кислотности в значительной степени связано с увеличением подвижности алюминия и марганца в почве. При кислой реакции растворимость соединений алюминия и марганца увеличивается, а повышенное содержание их в растворе оказывает вредное действие на растения. В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, он переходит в трудно-

растворимые формы, и его может не хватать для нормального роста растений, особенно бобовых. В кислых, особенно песчаных и супесчаных почвах, мало усвояемых соединений кальция и магния; кроме того, при кислой реакции затрудняется их поступление в растение, поэтому ухудшается питание и этими важными элементами [4].

При внесении извести (доломитовой муки) нейтрализуются свободные органические и минеральные кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе, то есть устраняется актуальная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается насыщенность почвы основаниями. Устраняя кислотность, известкование оказывает многостороннее положительное действие на свойства почвы, ее плодородие. Снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состояние, поэтому устраняется вредное действие их на растения.

В известкованных почвах интенсивнее протекают процессы аммонификации и нитрификации, лучше развиваются азотфиксирующие бактерии (клубеньковые и свободноживущие), обогащающие почву азотом за счет азота воздуха, в результате чего улучшается азотное питание растений.

Одним из мелиорантов, применяемых для известкования кислых почв, является доломитовая мука. Это субстанция получена после дробления, помола и высушивания карбонатных минералов. Доломит – осадочная порода, кроме двойной кальциево – магниевой соли, содержит небольшие примеси углекислого железа и марганца. Он представляет собой порошок светло- серого цвета с высоким содержанием суммы кальция и магния.

Известкование способствует переводу труднодоступных растениям фосфатов алюминия и железа в более доступные фосфаты кальция и магния. Калий труднорастворимых минералов интенсивнее переходит в более подвижные соединения. Если при внесении извести почва обогащается кальцием, то при использовании доломитовой муки – и магнием; потребность растений в этих элементах обеспечивается полностью.

Результаты 2012 -2013 гг. на опытных участках ГНУ Иркутского НИИСХ Россельхозакадемии показал положительные результаты известкования почвы доломитовой мукой. Так прибавка урожая картофеля составила 71 % по сравнению с контрольным вариантом, соответственно пшеницы 22 % [1].

Отсутствие должных материально-технических и финансовых средств затрудняют в полном объеме проводить работы по известкованию почв, хотя в целевой программе Министерства сельского хозяйства Иркутской области «Развитие сельского хозяйства и поддержка развития рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Иркутской области на 2013–2020 годы» предусмотрено известкование 14,5 тыс. га кислых почв, в том числе в 2016 году 2 тыс. га [2].

Иркутская область располагает большими запасами доломитовой муки, которую получают путем измельчения карбонатных пород или отсеков их дробления при производстве щебня. Согласно ГОСТ 14050, муку в зависимости от

прочности карбонатной породы подразделяют на четыре класса, по зерновому составу на три марки (А, В, С), но везде должны преобладать зерна размером менее 1 мм, а зерна размером более 3–5 мм допустимы в ограниченных количествах. Суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния должна составлять не менее 80 % для пород 1-го и 2-го классов и не менее 85 % для пород 3-го и 4-го классов [3]. Содержание в доломитах других компонентов составляет (%): оксид кремния (SiO_2) – 0,5–8,0; оксид алюминия (Al_2O_3) – 0,12–4,66; оксид железа (Fe_2O_3) – 0,11–2,53; оксид серы (SO_3) – до 0,5; оксид углерода (CO_2) – 44–48.

При известковании почвы задача состоит в равномерном распределении и тщательном перемешивании доломита с почвой. Внесение доломитовой муки на поля производится с помощью специальной машины МШХ-9, предназначенной для поверхностного внесения известковых удобрений, у которой привод от трактора, оборудован двумя распределяющими штангами с дозирующим механизмом и питающим транспортером. Регулировка доз внесения производится изменением скорости движения агрегата, а также изменением высоты подъема заслонки шибберного дозатора.

Многолетними исследованиями ученых доказано, что доломитовая мука, внесенная в почву в дозе 1,5–2 т/га действует 10–12 лет, а в количестве 3–4 т/га соответственно 15 лет, при этом затраты окупаются стоимостью дополнительного урожая зерновых за 1–2 года, кормовых культур за год.

Литература

1. Агрофакт. Информационный бюллетень. Иркутск, 2013. Вып. 4. С. 36.
2. Агрофакт. Информационный бюллетень. Иркутск, 2012. Вып. 14–15. С. 36.
3. ГОСТ 14050–93. Мука известняковая (доломитовая). Технические условия. М., 1993. С. 12.
4. Ягодин Б. А., Смирнов В. П., Петербургский А. В. Агрохимия. 2-е изд. М., 1989. С. 292.

LIMING –THE BASIS FOR IMPROVING OF ACIDIC SOILS FERTILITY

Polnomochnov A. V.

*Branch of Federal state institution "Russian Agricultural Center" of Irkutsk region,
rsc28@mail.ru*

In our country there are soils with high acidity (pH below 5. 5) more than 60 million hectares, including about 50 million ha is arable land. Liming has the positive multilateral effect on the properties of the soil and it's fertility. The results of the Irkutsk research Institute of agriculture of Russian agricultural Academy have showed the positive results for liming soils of dolomite flour. The yield increase for potato was 71 % compared to control variant, respectively, of wheat – 22 %. Irkutsk oblast has large reserves of dolomite. During of many years of scientific research it was proved that the dolomite powder, which made to soil in the dose of 1. 5–2 t/ha is valid for 10–12 years, but the number of 3–4 t/ha, respectively – for 15 years, while the payback cost of the additional grain harvest in 1–2 years, forage crops for the year. In this case the payback cost of the additional grain harvest is during 1–2 years, forage crops – for the year.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЮЖНОГО УРАЛА

**Асылбаев И. Г.¹, Хабиров И. К.¹, Суюндуков Я. Т.²,
Рафиков Б. В.¹, Лукманов Н. А.¹**

¹Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, ilgiz010@yandex. ru

²Институт региональных исследований Республики Башкортостан, Сибай, yalil_s@mail.ru

Целью исследований явилась эколого-геохимическая оценка почв Южного Урала в пределах Республики Башкортостан по суммарному загрязнению почв элементами первого, второго и третьего классов опасности.

Объекты исследований – почвы, сформированные на Южном Урале в пределах Республики Башкортостан, расположенные в следующих геоморфологических районах: Уфимское плато – I, Юрюзано-Айская предгорная равнина – II, Зауральский пенеппен – III, Белебеевская платообразная возвышенность – IV, Камско-Бельское равнинно-увалистое понижение – V, Зилаирское плато – VI и Низкогорья восточных склонов – VII (рис. 1.).

Оценка загрязнения почв элементами первого класса опасности (табл. 1) показала, что в районе Уфимского плато, где содержание отдельных токсичных элементов в почвах было относительно невелико, суммарные химические показатели оказались достаточно высокими и характеризовали сильный уровень загрязнения. Основной вклад в него вносят ртуть и селен [1].

Для Юрюзано-Айской предгорной равнины характерен широкий диапазон изменения суммарного химического показателя – от 10,3 до 108,7 ед. Очень сильная категория загрязнения почв обусловлена в основном содержанием цинка и ртути, и только при внесении известкового материала в почву пашни стационара Большеустикинское – селена (70 %).

Несмотря на повышенные концентрации отдельных элементов в почвах Зауральского пенеппена, Низкогорий восточных склонов суммарный химический показатель был ниже и не превышал сильный уровень. Основной вклад, независимо от общего уровня загрязнения, вносят мышьяк и селен. Содержание ртути в почвах этого района относительно невелико (1,5–12,5), доля свинца достигает 30 % только в почвах вблизи ГОКа.

Район Камско-Бельского равнинно-увалистого понижения загружен химической, нефтегазовой и сельскохозяйственной промышленностью. Однако, экологическая ситуация остается на допустимом уровне. Суммарное химическое загрязнение убывает в ряду лес–луг–пашня. Основными загрязнителями в регионе являются мышьяк (до 40,3 %), свинец (31,7 %) и кадмий (29,5 %) с превышением фона в 2,6–5 раз.

Таким образом, анализ данных по загрязнению почв элементами первого класса опасности показывает, что основной вклад в суммарный показатель вносят мышьяк, цинк, ртуть и селен.

Оценка загрязнения почв элементами второго класса опасности показала, что суммарный уровень загрязнения изменяется в основном от слабого до допустимого. Сильный уровень (34,7–40,3 ед.) выявлен только в почвах луговых экосистем стационаров Вознесенка и Аркаулово Юрюзано-Айской предгорной равнины за счет накопления молибдена (61–64 %, рис. 2).

В целом суммарный химический показатель второго класса опасности возрастает в ряду: Уфимское плато – Зилаирское плато – Камско-Бельское равнинно-увалистое понижение – Белебеевская платообразная возвышенность – Зауральский пенеппен – Низкогорья восточных склонов – Юрюзано-Айская предгорная равнина. Основными загрязнителями являются молибден, медь и хром [2].

Суммарный показатель загрязнения элементами третьего класса опасности изменялся в широком диапазоне, но в основном определял допустимую и слабую категории. Исключением являются стационары Вознесенка и Еланлино Юрюзано-Айской предгорной равнины и Учалинский ГОК (табл. 2), где наблюдался очень сильный и сильный уровень загрязнения (36,1–76 ед.) за счет вольфрама (до 67 %) и бария (до 90 %). Средний уровень (18,4–20,3 ед.) выявлен в почвах Зилаирского плато (барий – 40–56 %) и Белебеевской возвышенности (вольфрам до 70 %).

Суммарный химический показатель возрастает по районам: Уфимское плато – Камско-Бельское равнинно-увалистое понижение – Низкогорья восточных склонов – Зилаирское плато – Белебеевская платообразная возвышенность – Зауральский пенеппен – Юрюзано-Айская предгорная равнина.

Таким образом, среди элементов первого класса опасности во всех почвах региона основными загрязнителями являются мышьяк, цинк, ртуть и селен. В условиях преимущественно природных факторов загрязнения сильная и очень сильная категории выявлены в районах Уфимского плато и обусловлены накоплением ртути (до 51 %), селена (62–75 %), мышьяка (26–33 %), в Юрюзано-Айской предгорной равнине – цинка (67–92 %), ртути (53–76 %), селена (локально до 71 %). В зоне воздействия горнорудного комплекса Зауральского пенеппена и Низкогорий восточных склонов на фоне перегруженности естественным содержанием сильные и очень сильные категории обусловлены накоплением кадмия (55–61 %), мышьяка (42–64 %) и свинца (30 %). В районе одного из крупнейших в регионе Стерлитамакско-Салаватского промышленного узла суммарное загрязнение не превышает допустимый уровень, несмотря на локальное накопление отдельных элементов.

По второму классу опасности суммарное химическое загрязнение не превышает слабый уровень, обусловленный наличием молибдена, хрома и меди.

Среди элементов третьего класса опасности ведущая роль в суммарном загрязнении принадлежит бария (до 90 %), вольфраму (до 62 %) и марганцу (до 44 %), но их накопление носит локальный характер.

Литература

1. Асылбаев И. Г., Хабиров И. К. Содержание тяжелых элементов в почвах Южного Урала // Агрохимия. 2015. № 11. С. 58–67.

2. Асылбаев, И. Г. Тяжелые металлы второго класса опасности в почвах и породах Южного Урала: запасы и оценка загрязнения // Плодородие. 2015. № 5. С. 84–96.

ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS OF THE SOUTHERN URALS

Asylbaev I. G.¹, Khabirov I. K.¹, Suyundukov Ja. T.², Rafikov B. V.¹, Lukmanov N. A.¹

¹Bashkir State Agrarian University

²Institute of Regional Researches of Republic Bashkortostan

Presented eco-geochemical estimation on the total chemical pollution of soils of the Southern Urals elements of the first, second and third classes of danger. It is shown that soil contaminants first class of danger elements accounted for zinc, selenium, arsenic and mercury; second – molybdenum, chromium and copper; third – barium, tungsten and manganese.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГУМУСА В ОСНОВНЫХ ТИПАХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ ВНУТРЕННЕЙ АЗИИ

**Убугунова В. И.^{1,2}, Аюшина Т. А.¹, Убугунов В. Л.¹,
Гунин П. Д.³, Вишнякова О. В.¹**

¹ ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

² Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
им. В. Р. Филиппова

³ ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва

При решении вопросов генезиса, эволюции и классификации почв одной из важных характеристик является изучение гумуса. Содержание гумуса зависит от многих показателей: состава фитоценоза, гранулометрического и минералогического состава почвы, рельефа, влажности, температуры. Для выявления качества гумуса, специфики процесса гумификации используют его групповой и фракционный состав. К сожалению, по почвам лесостепной зоны Внутренней Азии имеются фрагментарные, отрывочные данные по качественным параметрам гумуса. Поэтому нами в 2009–2015 гг. изучались особенности поверхностных гумусовых горизонтов и рассмотрение параметров гумусного состояния для диагностики и классификации почв.

Объект и методы. Исследования проводились на трех модельных полигонах. На полигоне «Налайх», расположенного на отрогах юго-западной части Хэнтэйского хребта, было заложено 17 почвенных разрезов; на полигоне «Шаамар» (Орхон-Селенгинском среднегорье) – 12 и на полигоне «Баргузин» (Баргузинская котловина) – 20 почвенных разрезов. Протяженность района исследования в меридиональном измерении составляет почти 700 км. На этой обширной территории встречаются горные лесостепи. Климат рассматриваемого района характеризуется как резко континентальный с длительной зимой, засушливой ветреной весной, жарким и относительно влажным во второй половине летом.

На полигоне «Налайх» на водораздельных элювиальных позициях получают развитие сильнокаменистые маломощные почвы. По морфологическому строению и физико-химическим свойствам они классифицируются как литоземы светло- и темногумусовые. Гумусовый профиль литоземов темногумусовых характеризуется небольшой мощностью (8–10, реже 15–20 см), темно-коричневой окраской, густо пронизан корнями. Содержание гумуса в верхнем горизонте высокое (5,9–12,4 %) и постепенно снижается с глубиной. Узкое отношение C/N способствует активной аккумуляции гумусовых веществ. По данным группового состава они характеризуются гуматно-фульватным типом гумуса. Во фракционном составе преобладают первая и вторая фракции гуминовых кислот. В литоземах перегнойно-темногумусовых в профиле почв фиксируются признаки оглеения, что косвенно указывает на высокую увлажненность

профиля. Вероятнее, всего дополнительное увлажнение связано с внутрисочечным стоком. В этих почвах в перегнойном горизонте отмечается медленная трансформация растительных остатков (потеря при прокаливании – 46,9–64,8 %). В ниже залегающем темногумусовом горизонте содержание гумуса высокое (7,0–10,8 %), тип гумуса также гуматно-фульватный. В составе гумуса преобладают подвижные фракции ГК1 и ФК1.

На полигоне «Шаамар» (Северная Монголия) почвы формируются на песчаных породах. Для растительности характерно чередование разреженных лесов из сосны, березы с горно-луговой растительностью, луговых степей на склонах северной и восточной экспозиций и сухих степей с изреженным малопродуктивным ксерофитным травостоем. Почвы представлены слабо дифференцированными типами почв светлогумусового аккумулятивно-карбонатного и органо-аккумулятивного отделов. Изученные почвы характеризуются укороченным почвенным профилем, невысокой мощностью гумусового горизонта. Особенностью гумусного состояния исследуемых почв является резкое падение содержания гумуса с глубиной. Почвы относятся к малогумусным и среднегумусным, имеют легкосуглинистый и супесчаный гранулометрический состав. Содержание гумуса в аккумулятивном горизонте от 1,9 до 5,8 %. В гумусе значительна доля негидролизуемого остатка.

Исследования группового и фракционного состава гумуса показали, что почвы, формирующиеся на автоморфных позициях под разнотравно-дерновинно-злаковой луговой степью и на предгорной слабонаклонной равнине с эоловыми отложениями под ковыльно-лапчатково-полынной степью имеют характерный для степных почв региона тип гумуса – гуматно-фульватный. Соотношение Сгк:Сфк в изученных почвах составляет 0,90–0,73. Эволюция их длительное время идет по степному типу. Преимущественное накопление фульвокислот в составе гумуса обусловлено неполной гумификацией растительных остатков в условиях жесткого климата региона. Сумма гуминовых кислот и отношение Сгк:Сфк максимальны в верхних горизонтах, вниз по профилю почвы эти показания уменьшаются. В составе гуминовых кислот преобладают фракции, связанные с кальцием ГК-2 и прочносвязанная ГК-3, самые низкие значения у ГК-1. Фульвокислоты в основном представлены фракциями ГК-2 и ГК-3.

Почвы, расположенные на трансакумулятивных позициях, в своем морфологическом строении и по данным фракционного состава гумуса, несут признаки воздействия эолового фактора, в результате которого отмечается прерывание циклов почвообразования. Особенно отчетливо это проявляется под злаково-разнотравно-осоковой луговой степью. Полученные нами данные указывают, что профиль современной темногумусовой почвы, в связи с наличием погребенных гумусовых горизонтов, характеризуется большой вариабельностью содержания гумуса. Аналогично изменяется гранулометрический состав. Погребенные горизонты содержат высокие значения гумуса, им свойственна большая мощность.

Несмотря на различия в содержании гумуса и соотношению его фракций процессы гумусообразования в почвах трансаккумулятивных позиций идут по лугово-степному типу. В составе гумуса происходят изменения – увеличивается доля гуминовых кислот, соответственно соотношение Сгк:Сфк увеличивается, изменяясь от 2,03 до 1,50. Тип гумуса становится фульватно-гуматным. В гумусовом и погребенных горизонтах содержится много новообразованных бурых гуминовых кислот. Причем, если в аккумулятивном горизонте в составе ГК преобладают фракции ГК-1, то в погребенных – резко увеличивается доля фракции ГК-2. В эоловых наносах резко снижено содержание черных гуминовых кислот.

В почвах под березовым осоково-разнотравным лесом и сосновым осоково-разнотравно-злаковым в верхних горизонтах отчетливо заметны признаки лесного почвообразования. Это проявляется по увеличению бурых гуминовых кислот. Дополнительное увлажнение в лесу и значительное поступление веществ с опадом способствуют накоплению гумуса и гуминовых кислот в аккумулятивном горизонте, вниз по профилю они резко уменьшаются, что отражается на типе гумуса: в верхних горизонтах – фульватно-гуматный, вниз по профилю – гуматно-фульватный. Причем, с появлением в составе древостоя березы гумификация растительных остатков выражена сильнее, чем в сосняке.

Сравнительный анализ полученных материалов показывает, что эта территория является зоной контакта полуаридных и полугумидных условий, почвы переходной зоны лесостепи имеют преимущественно аккумулятивное, нейтрально-щелочное, насыщенное почвообразование. На этом участке проявляется эоловый субаэральный седиментогенез. Происходит периодическое погребение сформированных ранее почв эоловыми наносами. Независимо от почвообразующего субстрата (элювий плотных пород, эоловые отложения) почвы формируются по степному или лесостепному направлениям, и основное разнообразие направлений почвообразования связано с рельефом.

Гумусообразование сопровождается синтезом сравнительно мало подвижных гумусовых веществ (ГК 2, ФК 2). Почвы степных сообществ по фракционированию гумуса диагностируются зональным типом почвообразования. На стратифицированной песчаной почве в составе гумуса отмечается преобладание гуминовых кислот. Вероятно, слоистость почвы способствует большей увлажненности почвенной толщи. Стратегия растений определяет большую долю участия в поступающей органики надземной фитомассы, что в конечном итоге определяет более «мягкую» трансформации растительных остатков.

В верхней толще лесных почв отмечаются некоторые признаки лесного почвообразовательного процесса. Это проявляется в высоком содержании бурых гуминовых кислот (9–14 %). Такая же закономерность проявляется в почвах под злаково-разнотравной осоковой степью и злаково-разнотравно-осоковой луговой степью. На наш взгляд, такая закономерность свидетельствует о том, что в этих местах длительное время произрастала лесная растительность, и это нашло свое отражение в результатах фракционного состава гумуса. А из-за изменений условий природной среды, возможно, из-за пожаров, рубок

или другого вида антропогенного и климатического воздействия в настоящий период произрастают луговые ценозы.

Полигон «Баргузин» представляет собой уникальный природный объект, на котором прослеживается нарушение широтной зональности в Северной Азии. Район представляет собой северный островной форпост центральноазиатских степей на фоне господствующей тайги и гольцово-тундровой растительности Станового нагорья. Под степной растительностью на предгорных равнинах Баргузинского и Икатского хребтов на высотах 500–600 м над у. м. на различных почвообразующих породах формируются криоаридные и светлогумусные почвы. Для этих почв характерно очень низкое и низкое содержание органического вещества и его постепенное убывание с глубиной. Реакция в поверхностных горизонтах слабощелочная, в нижних – щелочная. В составе гумуса отмечается высокое количество негидролизуемого остатка. В гумусовом горизонте количество гуминовых кислот не уступает сумме фульвокислот, в то время как в подгумусовом горизонте содержание гуминовых кислот резко уменьшается, а количество фульвокислот остается прежним или увеличивается, тем самым обуславливая узкое отношение $C_{гк} : C_{фк}$. Среди гуминовых кислот преобладают ГК-2 и ГК-3, среди фульвокислот – наиболее подвижная ФК-1 и ФК-2. Содержание фракции 1а фульвокислот и ФК-2 увеличиваются с глубиной, содержание же фракции 1 фульвокислот, наоборот, уменьшается.

Изучение группового и фракционного состава гумуса почв лесостепи Внутренней Азии на примере полигонов «Налайх», «Шаамар» и «Баргузин» выявило их уникальность и своеобразие, выраженное в присутствии признаков как степного, так и лесного гумусообразования.

Работа поддержана проектом РГО № 04/2013 «Деградация ландшафтов в Байкальском регионе» и проектом Президиума РАН №П. 2/VI. 54–1 «Экосистемы песчаных массивов Прибайкалья и Забайкалья: разнообразие, инвентаризация и закономерности пространственного распределения»

GEOGRAPHIC REGULARITIES OF HUMUS FORMATION IN THE MAIN SOIL TYPES OF MOUNTAIN FOREST-STEPPE OF INNER ASIA

V. I. Ubugunova^{1, 2}, T. A. Ayushina¹, V. L. Ubugunov^{1, 2}, P. D. Gunin³, O. V. ¹Vishnyakova

Institute of the General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude

²*V. R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude*

³*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow*

Abstract. Humus state of the main soil types of the mountain forest-steppe of Inner Asia was studied, which is an integral indicator of the intensity of the processes of humus accumulation and mineralization of organic matter. The features of the humus state of soils with mold-dark-humus, dark-humus, cryo-humus and light-humus accumulations are determined. These differences are manifested in humus content, degree of humification, humin content, the ratio of humic and fulvic acid fractions. Humic and fulvic acids of the fraction 1 are the most informative for soils of mold- and dark-humus accumulations, HA2 and FA2 – for light-humus and cryo-humus horizons.

Keywords: soil, humus, vegetation, sandy sediments

ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ*

**Шпедт А. А.¹, Ямских Г. Ю.¹, Жаринова Н. Ю.¹,
Александрова С. В.²**

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, shpedtaleksandr@rambler.ru

² Красноярский государственный аграрный университет

Согласно Почвенной карте РСФСР М 1:2 500 000 [6], общая площадь Красноярского края составляет 233,97 млн га, из них на долю почвенного покрова приходится 224,14 млн га, что составляет 95,8 % площади региона. Непочвенные образования находятся на 9,83 млн га (4,2 %), из них каменистые россыпи занимают 5,85, рыхлые породы – 0,47, ледники – 1,87, водные объекты – 1,64 млн га.

В структуре почвенного покрова преобладают следующие почвы (% от общей площади края): подбуры (тундровые и таежные) – 17,2, арктические, актотундровые и их комплексы – 12,8, криоземы и их комбинации с палево-криоземами, криоторфянистыми и палевыми – 10,0, тундровые глеевые и их комплексы – 7,7, таежные глеевые – 6,1, дерново-подзолистые и их разности – 5,6, буро-таежные – 5,6, дерново-карбонатные и перегнойно-карбонатные – 5,0, подзолы – 4,5, пойменные – 3,4, серые лесные и их разности – 3,0, торфяные болотные – 2,5, грануземы – 2,4, дерново-таежные – 2,3, черноземы и лугово-черноземные почвы около 2,0 % [1]. В совокупности данные почвы составляют более 91,0 % всей территории края и 94,2 % почвенного покрова. Площадь оставшихся почв (перегнойно-карбонатные тундровые, торфяно-подзолисто-глеевые, горные примитивные) колеблется от 1,0 до 1,6 %.

Почти 79 млн. га, или 35 % от почвенного покрова занимают горные почвы, а площадь под лесными почвами составляет 109 млн га (около 49 %).

Разнообразие почв определяется значительной протяженностью региона с севера на юг, и с запада на восток, сочетанием равнинных и горных пространств, сложным геологическим и геоморфологическим строением и развитой гидрографической сетью. Широтная зональность почв осложняется зональностью вертикальной. Котловинный характер лесостепных районов создает также концентрическую зональность, порождаемую сочетанием широтной и вертикальной зональностью. Как правило, центральные части котловин характеризуются наличием степи или открытой, южной лесостепи. Периферийные районы последовательно сменяются подзонами типичной и северной лесостепи. Окаймлены котловины подтайгой и тайгой. Важнейшей особенностью почвообразования, к востоку от Енисея, является усиление роли криогенеза при формировании почв и почвенного покрова.

Для арктической зоны и тундры характерны ярко выраженная комплексность почвенного покрова, обусловленная мерзлотными формами рельефа, солифлюкция, пучение, термокарст, трещинообразование, просадки, камени-

стость, оглеение, криотурбации. Таежные мерзлотные почвы имеют малую мощность профиля (60–100 см), подавленную биологическую активность. Процесс опдзоливания здесь часто не выражен. Наблюдается афегумусовая миграция, оглеение, тиксотропность, присутствие карбонатов. В составе грубого гумуса преобладают фульвокислоты.

Площадь наиболее плодородных почв – черноземов, по сравнению с общей площадью, выглядит незначительной (около 2,0 %), что соответствует 4,4 млн га. Площадь дерново-карбонатных и серых лесных почв в четыре раза больше.

Для почв лесостепной зоны характерна комплексность почвенного покрова, малая мощность гумусового горизонта, повышенное содержание гумуса, наличие признаков мерзлотного оглеения, литологическая неоднородность почвообразующих пород. Серые лесные почвы отличаются от европейских аналогов пониженной степенью оподзоленности и небольшой кислотностью. Интенсивное использование почв лесостепи приводит к увеличению степени их деградации.

В соответствии с интегральной оценкой качества почв для сельскохозяйственного использования, проведенной в 2013 г. Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, регион был отнесен к «наиболее неблагоприятным» [2]. Процент непригодных для аграрного производства почв в крае составил 81. В этих условиях оценка качества почв на основе современных, научно обоснованных подходов, позволяющих выявлять площади неиспользуемых, но пригодных для производства, в настоящее время земель, имеет важнейшее практическое значение. Это тем более важно, в связи с тем, что проводимая государственная кадастровая оценка земель недостаточно учитывает свойства почв.

Работа базируется на применении для оценки почв почвенно-экологического индекса (ПЭИ). Это количественная величина, отражающая природный потенциал пахотных земель в баллах (от 1 до 100) продуктивности группы ведущих сельскохозяйственных культур (в суммарном виде). Методика разработана И. И. Кармановым [3; 4] в Почвенном институте им. В. В. Докучаева на основе принципиально новых подходов с учетом опыта бонитировки почв, как в России, так и за рубежом. ПЭИ разрабатывался в те годы, когда проводились массовые почвенные, агрохимические и другие обследования, и имелась возможность использовать в алгоритме ПЭИ дополнительные сведения о почвах. Результирующий ПЭИ, как итоговое значение, определяется через произведение почвенного, климатического и агрохимического индексов. Методика также позволяет рассчитать баллы бонитета пашни, пригодной для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур. Расчет индексов выполнен при помощи автоматизированной электронной системы (АЭС), разработанной на базе Microsoft Excel.

Результаты исследований. При помощи АЭС выполнен расчет ПЭИ ряда пахотных почв Красноярского края. В табл. 1 приводятся исходные данные некоторых широко используемых в сельскохозяйственном производстве типов (подтипов) почв. Судя по содержанию гумуса, наиболее плодородными явля-

ются темно-серая лесная почва, черноземы оподзоленный, выщелоченный, обыкновенный и лугово-черноземная почва. Дерново-подзолистые и светло-серая лесная почвы имеют низкое содержание гумуса, кислую и слабокислую реакцию среды и плохо обеспечены подвижным фосфором и обменным калием. Средним плодородием обладают серая лесная, чернозем южный и аллювиальная почвы.

В первую очередь необходимо оценить черноземы, являющиеся уникальным естественноисторическим природным образованием и основной базой для ведения сельскохозяйственного производства в Красноярском крае.

Таблица 1

Исходные данные для расчета ценности ряда пахотных почв

Наименование почвы	Гумус, %	Гран. состав	pH _{сол}	Содержание, мг/кг		Сумма	
				P ₂ O ₅	K ₂ O	t>10°	осадков, мм
Дерново-подзолистая (сильноподзолистая)	1,67	ср. с.	4,8	оч. низкое	оч. низкое	1550	450
Дерново-подзолистая (слабоподзолистая)	3,00	ср. с.	5,3	низкое	низкое	1550	450
Светло-серая лесная	2,28	тяж. с.	5,5	низкое	низкое	1625	440
Серая лесная	4,28	тяж. с.	6,1	средн.	средн.	1625	420
Темно-серая лесная	6,20	ср. с.	6,3	высок.	высок.	1675	400
Чернозем оподзол.	6,70	тяж. с.	6,0	высок.	высок.	1725	390
Чернозем выщелоч.	6,80	тяж. с.	6,4	высок.	высок.	1750	360
Чернозем обыкновен.	5,90	тяж. с.	7,2	высок.	высок.	1775	320
Чернозем южный	3,45	легк. с.	7,0	высок.	высок.	1825	300
Лугово-черноземная почва лесостепи	9,50	тяж. с.	6,8	высок.	высок.	1700	360
Аллювиальная почва лесостепи	4,86	тяж. с.	5,9	высок.	высок.	1750	360

В структуре почвенного покрова распаханых массивов Красноярского края безраздельно господствуют черноземы, на долю которых приходится около 62 % [6]. ПЭИ черноземов разных подтипов изменялся от 36,7 до 50,3 баллов (табл. 2). Наибольшим количеством баллов оценен высокогумусный черноземы выщелоченный, а наименьшим баллом – чернозем южный. Самый большой вклад в результирующий ПЭИ внес почвенный индекс. Для сравнения все почвы Краснодарского края имеют ПЭИ, равный 100 баллам. Таким образом, согласно выполненной оценке, красноярские черноземы уступают в плодородии краснодарским почвам в несколько раз (для приведенного примера в 2–3 раза).

Серые лесные почвы составляют около 21 % от общей площади пашни Красноярского края [6]. ПЭИ данных почв возрастал от светло-серой лесной к темно-серой лесной почве. Серая лесная почва имела промежуточную ценность. Значение ПЭИ темно-серой лесной почвы сопоставимо с ПЭИ черноземов оподзоленного и обыкновенного.

Таблица 2

Индексы основных пахотных почв Красноярского края, балл

Наименование почвы	Индекс			
	почвен- ный	агрохими- ческий	климати- ческий	почвенно- экологический (итоговый)
Дерново-подзолистая (сильноподзолистая)	4,64	0,72	4,39	14,67
Дерново-подзолистая (слабоподзолистая)	5,30	0,88	4,39	20,47
Светло-серая лесная	5,20	0,91	4,33	20,49
Серая лесная	5,96	1,10	4,33	28,39
Темно-серая лесная	8,09	1,19	4,47	43,03
Чернозем оподзоленный	8,64	1,14	4,60	45,31
Чернозем выщелоченный	9,12	1,18	4,67	50,26
Чернозем обыкновенный	9,45	1,10	4,50	46,78
Чернозем южный	7,22	1,10	4,62	36,69
Лугово-черноземная почва лесостепи	9,38	1,18	4,53	50,14
Аллювиальная почва лесостепи	10,10	1,14	4,67	53,77
Среднее значение	7,55	1,06	4,50	37,27

Наименьшую ценность имели дерново-подзолистые почвы, занимающие в структуре пашни Красноярского края 5,4 %. При этом степень оподзоленности данных почв очень сильно влияет на их ценность. Так, разница ПЭИ между слабоподзолистой и сильноподзолистой почвами составляет 6 баллов.

В пашне Красноярского края также присутствуют интразональные почвы, преимущественно луговые и пойменные (6,4 %). ПЭИ для данных почв достаточно высокие и превышают 50 баллов. Наибольшее значение индекса характерно для аллювиальной почвы. Высокая ценность данной почвы вполне обоснована, несмотря на то что содержание гумуса здесь среднее. Аллювиальные почвы обладают высокой биогенностью, используются для выращивания овощных культур, и являются наиболее уязвимыми объектами природопользования. На территории края они имеют ограниченное распространение. ПЭИ лугово-черноземной почвы сопоставим с ценностью чернозема выщелоченного. Средняя стоимость всех почв соответствует 37,3 баллам, что в 2,7 раза ниже по сравнению с почвами Краснодарского края.

Обращает на себя внимание, что сильнее других изменяется почвенный индекс. Между максимальным и минимальным значениями различие достигает 2,2 раза. Агрохимический индекс меняется слабее, всего в 1,7 раза, а климатический индекс почти не меняется. Слабая изменчивость климатического индекса обусловлена разнонаправленностью основных климатических значений. Там, где накапливается больше тепла, там выпадает меньше осадков, и, наоборот. Эта ситуация как бы нивелирует значение климатического индекса. Анализ значений климатического индекса по территории края позволяет сделать еще один вывод. Климатический потенциал северной части земледельческой зоны края, конечно, снижается, но очень незначительно и конечно не настолько, чтобы отказываться здесь от развитого земледелия.

При разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия возникает необходимость в детальной оценке почв. В условиях выраженного мезорельефа (склоны разной экспозиции, крутизной 4–6°) предлагаются поправочные коэф-

фициенты к ПЭИ, полученные по результатам полевых опытов: плато, ложбины, северо-восточные склоны – 1,00; северо-западные, западные склоны – 0,80; северные склоны – 0,85; юго-западные склоны – 0,90; южные склоны – 1,05; юго-восточные склоны – 1,10; восточные склоны – 1,15.

Оценка, проведенная на основе ПЭИ тесно коррелирует с природно-хозяйственной, стоимостной оценкой почв ($r = 0,94 \pm 0,01$, при $t_{\text{факт.}} = 72,3$).

Выводы. 1. Почвенно-экологические индексы пахотных почв Красноярского края составляют от 14,7 до 53,8 баллов, при среднем значении, равном 37,3. Аллювиальная почва имеет наибольшее значение индекса, а дерново-подзолистая сильноподзолистая – наименьшее. Почвенно-экологические индексы широко используемых в сельском хозяйстве края черноземов выщелоченных и обыкновенных составляет, соответственно, 50,3 и 46,8 баллов. 2. Величина итогового почвенно-экологического индекса в большей степени определяется почвенным и агрохимическим индексами. Климатический индекс, в зависимости от типа почв меняется слабо, а его вклад в общую оценку почв нивелирован.

Работа выполнена при поддержке РФФИ р_Сибирь_а (грант 15-45-04381).

Литература

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. <http://egrpr.esoil.ru/register.php>
2. Иванов А. Л., Савин И. Ю., Столбовой В. С. Качество почв России для сельскохозяйственного использования // Докл. Рос. акад. с.-х наук. 2013. №6. С. 41–45.
3. Карманов И. И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. М. : Изд-во РАСХН, 1990. 114 с.
4. Карманов И. И. Почвенно-экологическая оценка и бонитировка почв // Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М. : Агропромиздат, 1991. С. 161–233.
5. Крупкин П. И. Черноземы Красноярского края : монография. Красноярск : КрасГУ, 2002. 332 с.
6. Почвенная карта РСФСР М 1:2 500 000 / гл. ред. В. М. Фридланд. М. : ГУГК СМ СССР, 1988. 16 л.

SOIL EVALUATION AND LAND RESOURCES OF KRASNOYARSK TERRITORY

Shpedt A. A.¹, Yamskikh G. U.¹, Zharinova N. U.¹, Aleksandrova S. V.²

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, shpedtaleksandr@rambler.ru

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Summary. Agricultural soils of the Krasnoyarsk Territory are evaluated by soil-ecological indices. We identified how index varies depending on the type and properties of the soils and climate. We have reflected the essence of the index. We discuss the possibility of its use in the evaluation of soils of agricultural lands. The value of the final soil-ecological index is largely determined by soil and agrochemical indices. Climatic index varies slightly depending on the type of soils and its contribution to the overall assessment of the soils leveled.

СЕКЦИЯ 1

«ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ: ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ»

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В БУРОЗЕМАХ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Бакалдина В. Д., Самофалова И. А.

ФГБОУ ВО Пермская ГСХА, г. Пермь, samofalovairaida@mail.ru

Длительное время наиболее распространенной точкой зрения являлся взгляд на буроземы, как почвы широколиственных лесов, в то время как подзолы свойственны лишь хвойным лесам [1].

В разных биоклиматических поясах отмечается повсеместное распространение на горных склонах гумидных, субгумидных и субаридных районов мира буроокрашенных слабо дифференцированных на горизонты почв, которые относятся к разным типам. Б. Г. Розанов [6] указывал, что среди большой группы показываемых на разных картах горных подзолистых почв, преобладают слабо дифференцированные бурые почвы [6]. По мнению ученого, горный бурозем – это основная форма почвообразования гумидных горных склонов независимо от климатических особенностей горной страны и, что наличие буроземов в горных странах – это определенная историческая стадия развития почвенного покрова, длительно поддерживаемая в условиях горного почвообразования на склонах. Таким образом, в горных системах отмечается близость почв во всем мире на стадии развитых почв с усилением разнообразия на стадии зрелых почв.

Таким образом, ареал бурых лесных почв, ранее ограничивавшийся южными горными территориями со строго определенными биоклиматическими условиями, расширился и охватил горные области с климатическими условиями от умеренно теплых западно-атлантических до сибирских экстраконтинентальных с растительностью, представленной не только широколиственными, но и темнохвойными лесами [4].

Главное место в почвообразовании присуще рельефу, с помощью которого в горах возникают разнообразные почвенно-геохимические ландшафты, объединенные геохимическими потоками [2]. В горных почвах развиты боковые токи почвенной влаги, которые, выносят продукты почвообразования из почв верхних и средних частей склонов и препятствуют образованию иллювиальных горизонтов. В то же время, в почвах нижних частей склонов создаются мощные иллювиальные горизонты [3].

Химический состав (ХС) является наиболее консервативным свойством почвы, но содержит в себе огромную информацию по составу и миграции элементов, неоднородности почвенного профиля. Интерпретация валового ХС проводится на уровне сопоставления и соотношения отдельных элементов и их пар, так как использование всех данных ХС без обработки и обобщения информации затрудняет выявление закономерностей и получения новой информации. ХС выявляет особенности почв по содержанию и распределению оксидов по профилю.

Цель исследования: изучить распределение валового содержания кремния, алюминия и железа в горных почвах. Исследования проводили на Западном макросклоне Среднего Урала в Пермском крае на территории ГПЗ «Басеги». Климат холодный и влажный с появлением континентальности. Горная полоса Урала, к которой относится территория заповедника, относится к области низкогорья Среднего Урала.

Исследования проведены в бурых лесных почвах, образовавшихся на элюво-делювии метаморфических пород (хлоритовые, хлорито-серицитовые, слюдистые сланцы, кварциты и др.). Почвенные разрезы заложены на двух топопрофилях в горно-лесном поясе на западном (ключевой участок № 1) и северном склоне горы Северный Басег (ключевой участок № 2) на высоте 315–430 метров н. у. м. Растительные ассоциации в горно-лесном поясе могут различаться в зависимости от высоты и литологии. Так, разрезы 9, 10, 43 заложены под ельником кислично-мелкопапоротниковым; разрез 37 – под березово-еловым таволговым приручьевым лесом; разрез 26 – под березняком таволго-разнотравным (приручьевым); разрез 36 – на луговине среди березово-елового таволгового приручьевого леса. Почвы определены по [5]. Почвенные разрезы (9, 10, 26) заложены от русла реки Усьва (северный склон горы), разрезы (36, 37, 43) – от русла реки Малый Басег (западный склон горы). Реки окаймляют нижние части склонов горы Северный Басег.

Валовой состав почв определяли ускоренным методом на кафедре почвоведения в Пермской ГСХА. По результатам валового анализа на безводную прокаленную навеску рассчитаны молекулярные отношения, коэффициенты дифференциации и элювиально-иллювиальной миграции, сделан перерасчет на элементы.

Содержание SiO_2 в почвах на ключевом участке № 1 варьирует в пределах 50,6–70,9 %. Наиболее резко содержание оксида кремния изменяется по профилю почв, находящихся на правом берегу (р. 36, 37). В буроземе на левом берегу (р. 43) содержание кремния мало изменяется по профилю, в отличие от полуторных оксидов, из них наиболее сильно меняется содержание алюминия. В почвах на северном склоне горы Северный Басег содержание SiO_2 на ключевом участке № 2 составляет 61–70 %. Содержание полуторных оксидов увеличивается по топопрофилю от верхнего разреза бурозема элювиированного на высоте 430 м (16,97 %) к нижнему бурозему глинисто-иллювиированному (29,15 %) на высоте 315 м над у. м. Следует отметить, что в почвах ключевого участка № 2 содержание железа в срединной и нижней части профиля значительно выше.

Итак, содержание SiO_2 в почвах под ельником более высокое и варьирует в горизонтах в узких пределах (разрезы 9, 10, 43). В почвах, формирующиеся в растительных ассоциациях с примесью березы и травами содержание SiO_2 мало изменяется в гумусовых горизонтах и составляет 60,43–61,90 %, а в почво-элювии содержание оксида варьирует в широких пределах – 50,60–70,87 %. Таким образом, под хвойной растительностью в почвах более повышенное содержание кремния.

Пересчет оксидов в элементы показал (табл. 1), что более дифференцированное распределение Si отмечается только в буроземе самой нижней приуро-

ченности (р. 43). Среднее содержание элемента Si в почвах на разных ключевых участках находится на одном уровне. По содержанию Fe можно отметить следующие особенности: на ключевом участке № 1 содержание Fe в нижней части профиля выше кларка, а на ключевом участке № 2 выше кларковых значений отмечаются в средних горизонтах; по распределению Fe по профилю можно диагностировать полигенетичность профиля. Содержание Al в почвах в основном ниже кларка (8,8 %) и только в буроземе ожелезненном (р. 43) и буроземе глинисто-иллювирированным выше (р. 26).

Таблица 1

Содержание литофильных элементов в почвах

№ разреза, название почвы, высота н. у. м., м	Горизонт, мощность, см	Элемент, (%)		
		Si	Fe	Al
Ключевая площадка 1				
37, Бурозем ожелезненный 353	АН (2–5)	28,22	3,63	6,26
	АУ (5–20)	29,66	3,34	6,08
	АУ f (20–31)	30,09	3,72	4,81
	ВМ f (31–58)	27,37	4,12	5,50
	С f (58–80)	23,63	4,97	7,84
43, Бурозем ожелезненный, 352	АУ (5–21)	31,47	3,63	4,95
	АУ f (21–38)	29,80	4,72	8,07
	ВМ f (38–76)	29,89	4,29	13,34
36, Бурозем темногумусовый элюви- ированный глееватый ожелезненный, 347	АУ el (6–20)	28,51	3,69	3,87
	АУ el (20–31)	32,75	2,77	8,34
	ВМ el,f (31–58)	33,10	4,74	7,48
Ключевая площадка 2				
9, Бурозем элювиированный ожелез- ненный, 430	АУ (5–10)	31,22	2,68	6,95
	АУ el (10–17)	31,04	4,66	4,14
	ВМ f (17–32)	32,15	4,56	3,88
	ВМ el (32–70)	31,03	1,89	5,35
10, Бурозем темногумусовый элюви- ированный, 400	АО (4–8)	32,83	2,19	4,63
	АУ (8–21)	31,91	6,35	3,39
	АУ el (21–41)	32,45	6,17	3,62
	ВМ el (41–60)	32,97	4,85	4,18
	ВМ (60–104)	29,98	5,40	5,15
26, Бурозем глинисто- иллювиированный, 315	АУ (5–22)	28,91	5,52	11,24
	АУ f (22–32)	25,77	2,19	13,58
	ВМ ₁ (43–53)	31,18	4,62	7,64
	ВМ i (57–67)	29,65	3,43	11,60

Таким образом, по распределению содержания литофильных элементов можно утверждать, что в почвах одновременно и активно проявляется процесс буроземообразования (что сопровождается накоплением Fe) и процесс выветривания (Al в сравнении с кларком).

Широкие молекулярные отношения создаются между SiO₂ и Fe₂O₃, что свидетельствует о стабильности SiO₂ и, наоборот, о не стабильности Fe₂O₃ (таблица 2). В исследуемых почвах горно-лесного пояса Fe₂O₃ более интенсивно высвобождается из кристаллических решеток минералов, чем алюминий.

Также, отмечается биологическое закрепление железа в гумусовых горизонтах, что диагностируется по более узкому отношению.

Таблица 2

Молекулярные отношения оксидов и коэффициенты элювиально-иллювиальной миграции в почвах

№ разреза, название почвы, высота н. у. м., м	Горизонт, мощность, см	МО			Кэи		
		$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
Ключевая площадка 1							
37, Бурозем ожелезненный 353	АН (2–5)	6,77	8,67	30,92	0,66	0,67	0,61
	AY (5–20)	7,41	9,38	35,34	0,60	0,62	0,54
	AY f (20–31)	8,76	12,03	32,20	0,51	0,48	0,59
	BM f (31–58)	7,02	9,57	26,40	0,63	0,61	0,72
	C f (58–80)	4,44	5,80	18,93	1,00	1,00	1,00
43, Бурозем ожелезненный, 352	AY (5–21)	9,03	12,22	34,50	0,41	0,35	0,80
	AY f (21–38)	5,53	7,10	25,11	0,67	0,61	1,11
	BM f (38–76)	3,73	4,31	27,75	1,00	1,00	1,00
36, Бурозем темногумусовый элювиированный глееватый ожелезненный, 347	AU el (6–20)	9,70	14,16	30,77	0,67	0,60	0,90
	AY el (20–31)	6,50	7,55	46,98	1,00	1,13	0,59
	BM el,f (31–58)	6,52	8,51	27,81	1,00	1,00	1,00
Ключевая площадка 2							
9, Бурозем элювиированный ожелезненный, 430	AY (5–10)	7,28	8,64	46,27	1,31	1,29	1,41
	AY el (10–17)	9,34	14,42	26,48	1,02	0,77	2,46
	BM f (17–32)	10,17	15,94	28,07	0,94	0,70	2,32
	BM el (32–70)	9,52	11,15	65,17	1,00	1,00	1,00
10, Бурозем темногумусовый элювиированный, 400	AO (4–8)	11,08	13,62	59,52	0,67	0,82	0,37
	AY (8–21)	9,51	18,12	20,00	0,78	0,62	1,11
	AY el (21–41)	9,45	17,21	20,94	0,79	0,65	1,06
	BM el (41–60)	9,71	15,15	27,04	0,77	0,74	0,82
	BM (60–104)	7,43	11,20	22,10	1,00	1,00	1,00
26, Бурозем глинисто- иллювиированный, 315	AU (5–22)	4,00	4,94	20,83	1,03	0,99	1,23
	AY f (22–32)	3,38	3,65	46,86	1,22	1,35	0,54
	BM _I (43–53)	6,89	7,84	56,69	0,60	0,63	0,45
	BM i (57–67)	4,12	4,91	25,53	1,00	1,00	1,00

Примечание: МО – молекулярные отношения оксидов; Кэи – коэффициент элювиально-иллювиальной миграции

Коэффициент элювиально-иллювиальной миграции показывает, что в буроземах на ключевом участке № 1 преобладает внутripочвенная миграция элементов, так как коэффициент в основном <1. На ключевом участке № 2 в буроземах на высоте 400–430 м заметно интенсивное накопление Fe и средняя и слабая убыль Al по профилю, при активной его аккумуляции в гумусовых горизонтах.

Коэффициенты дифференциации позволяют количественно оценить контрастность горизонтов почвенного профиля. Дифференциация профилей почв по кремнию практически отсутствует, можно лишь диагностировать очень слабую как убыль, так и накопление элемента (табл. 3). Это характерно для почв обоих ключевых участков. По содержанию алюминия в почвах ключевых

участков отмечается дифференциация: в почвах в верхней части топопрофиля – убыль (0,90 и 0,56), в почвах в средней части топопрофиля – интенсивное накопление (2,70 и 1,52), в почвах нижней части топопрофиля – накопление (1,93 и 1,03), но меньшее, чем в почвах, расположенных выше по рельефу.

Таблица 3

Дифференциация профилей почв по содержанию элементов

№ разреза, название почвы, м н. у. м.	Коэффициент дифференциации		
	Si	Fe	Al
Ключевая площадка 1			
37, Бурозем ожелезненный, 353	0,92	1,23	0,90
43, Бурозем ожелезненный, 352	0,95	1,18	2,70
36, Бурозем темногомусовый, 347	1,16	1,28	1,93
Ключевая площадка 2			
9, Бурозем элювиированный ожелезненный, 430	1,03	1,70	0,56
10, Бурозем темногомусовый элювиированный, 400	0,94	0,85	1,52
26, Бурозем глинисто-иллювиированный, 315	1,03	0,62	1,03

По дифференциации железа по профилям почв можно заключить, что процессы трансформации, перемещения, аккумуляции происходят неодинаково в почвах изучаемых топопрофилей. Так, на западном склоне горы Северный Басег происходит активное накопление элемента во всех почвах (1,23 и 1,18) с максимумом (1,28) в нижней части топопрофиля. На склоне северной экспозиции дифференциация профилей буроземов резко отличается в пределах топопрофиля: от интенсивного накопления (1,70) на высоте 430 м до активной убыли (0,62) на высоте 315 м н. у. м.

Оценка валового состава показывает, что в ходе почвообразовательного процесса соотношение элементов либо остается постоянным, либо закономерно изменяется. В процессе почвообразования происходит преобразование химического состава исходных почвообразующих пород, связанные с целой серией процессов: вынос химических элементов с почвенными растворами за пределы профиля почвы при постоянном промывании почвы атмосферными осадками; перераспределение химических элементов между генетическими горизонтами в процессах элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля; накопление химических элементов за счет внутрпочвенного стока и поверхностной денудации.

Экспозиция склона оказывает влияние на интенсивность процессов в почвах через различное перераспределение и поглощение тепла и влаги, что в свою очередь формирует дополнительные генетические признаки, выраженные в названии почв. Так, на западном склоне горы Северный Басег по топопрофилю образуется ряд почв: бурозем ожелезненный – бурозем темногомусовый элювиированный, а на северном склоне: бурозем элювиированный ожелезненный – бурозем темногомусовый элювиированный – бурозем глинисто-иллювиированный.

Литература

1. Ливеровский Ю. А. Проблемы генезиса и географии почв. М. : Наука, 1987. 248 с.
 2. Мамытов, А. М. Особенности зональности и почвообразования в горах / А. М. Мамытов // Тез. докл. VIII Всесоюз. съезда почвоведов. Новосибирск, 1989. С. 22.
 3. Молчанов Э. Н., Молчанов А. Э. специфика процессов формирования перегнойно-темногумусовых почв высокогорий Западного Кавказа // Почвообразовательные процессы. М. : Почвенный ин-т имени В. В. Докучаева, 2006. С. 295–320.
 4. Огородников А. В., Читоркина О. Ю. Почвообразование в кедровых лесах Горного Алтая. Томск : ТГУ, 2004. 173 с.
 5. Полевой определитель почв. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
 6. Розанов Б. Г. Почвенный покров земного шара. М. : Изд-во МГУ, 1977. 248 с.
-

CONTENT OF SOME MACRO ELEMENTS IN BROWN SOILS IN THE MIDDLE URALS

Bakaldina V. D., Samofalova I. A.

Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia, samofalovairaida@mail.ru

Abstract. In the process of soil formation soil mountain taiga, there is a transformation of initial parent rocks. It is connected: with the removal of elements from soil solutions beyond the profile and regular washing with precipitation; redistribution of chemical elements between genetic horizons; accumulation of chemical elements by surface and subsurface runoff denudation. Exposure slope influences the intensity of the processes in the soil through a different absorption and redistribution of heat and moisture, which in turn creates additional genetic traits expressed in the title of soil.

Keywords: elemental composition, mountain soils, molecular relations, migration factors, types of oxides distribution.

ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОСТЕПНОЙ ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕРУССКОЙ ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОВИНЦИИ

Булгаков Д. С., Жукова Ю. А., Козлов Д. Н.

Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Москва, bulgakov.35@mail.ru

Эффективное использование пахотных земель становится особенно актуальным в современных социально-экономических условиях. В связи со значительным природным разнообразием территории Российской Федерации (географическое, почвенное, климатическое, хозяйственное), необходимо знание обобщённой природной информации как для страны в целом, так и для отдельных её административных субъектов. Для эффективного управления земельными и растительными ресурсами важно обеспечить устойчивость депозитарных функций почвенного покрова (депо минеральных и органических веществ, сохранение и повышение уровня продуктивности почв, предотвращение их деградации и др.). Также должна быть разработана и внедрена система ландшафтного планирования и рационального использования почвенных ресурсов с целью их мониторинга, распределения инвестиций, субсидий, субвенций по регионам, в соответствии с правилами Всемирной торговой организации (ВТО).

Картографической основой при ландшафтном анализе территории и разработке проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия различного масштаба, а также другом целевом использовании (мониторинг плодородия почв пахотных угодий по регионам и в целом по России, кадастровые работы) является природно-сельскохозяйственное районирование, разработанное для территории СССР. После формирования нового государства в 90-е г. XX в. данное районирование трансформировалось и адаптировалось для территории Российской Федерации. В качестве атрибутивной основы для разработки проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия используется почвенная, геоморфологическая и метеорологическая информация.

Однако, для решения современных проблем агропромышленного комплекса в настоящих социально-экономических условиях информация, полученная в предыдущих публикациях по районированию (1975–1990), недостаточна и не конкретизирована по районам и субъектам федерации. В связи с этим необходимо составить уточнённую базу данных (БД) агроклиматических показателей, характеризующих природные условия крупных таксономических и административных единиц районирования для более обоснованного и эффективного использования почв и земель, в том числе при оптимизации размещения основных сельскохозяйственных культур. Уточнение агроклиматических параметров природно-сельскохозяйственного районирования (с использованием фондовых и литературных данных), на наш взгляд, будет способствовать решению прикладных задач.

В данной работе выполнены разработка и анализ БД на примере лесостепной территории Среднерусской природно-сельскохозяйственной провинции. Преобладающим типом почв данного участка являются черноземы различного подтипа, а также лугово-черноземные почвы. Рассматриваемая провинция является одной из наиболее плодородных и распаханых на территории РФ. Пашни занимают более 50 % площади [4].

Обработка первичных источников метеорологических данных, имеющих агрономическое значение и привязанных к территории административных образований РФ, осуществлялась с помощью применения экспертной оценки. Для рассматриваемых районов Среднерусской природно-сельскохозяйственной провинции был рассчитан агроклиматический потенциал [3] – индекс, характеризующий агроклиматические условия в отношении сельскохозяйственных культур, выращивание которых может быть целесообразным на данной территории (рис. 1). Визуализация данных проводилась в программе QGIS 2.8.

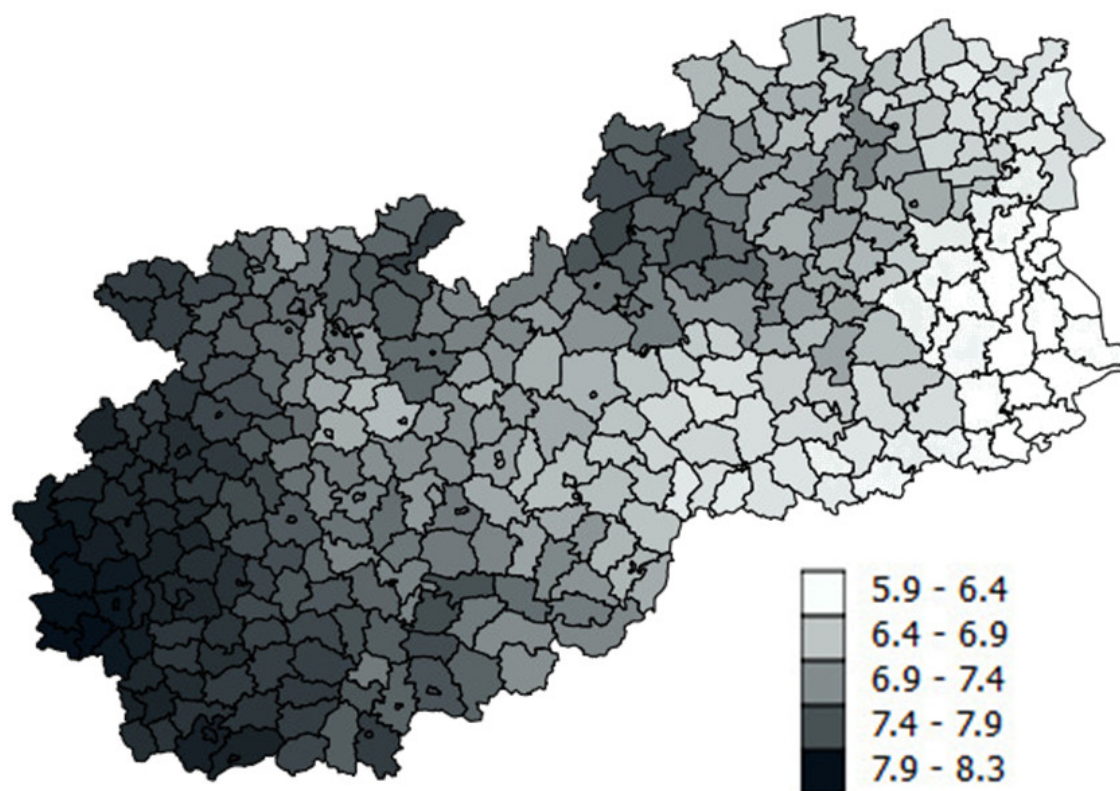


Рис. 1. Выделение градаций агроклиматического потенциала по административным районам Среднерусской природно-сельскохозяйственной провинции

Агроклиматический потенциал определяется большим количеством показателей. В настоящее время в связи с социальными, экономическими и политическими причинами составление БД на основе этих показателей достаточно проблематично. Наиболее устойчивыми и надежными для характеристики агроклиматического потенциала являются такие показатели, как среднемноголетние величины сумм температур основного вегетационного периода ($t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), коэффициент континентальности (КК) и коэффициент увлажнения (КУ).

Для характеристики и расчёта агроклиматического потенциала исследуемой территории на основе дифференциации тепло- и влагообеспеченности для возделывания основных сельскохозяйственных культур использовались следующие среднемноголетние агрометеорологические данные: сумма активных температур ($t > 10^{\circ}\text{C}$); температуры наиболее теплого (июль) и холодного (январь) месяцев; период (дни) положительных температур ($t > 0^{\circ}\text{C}$); безморозный период (дни); сумма годовых осадков; коэффициент увлажнения; коэффициент континентальности.

Агроклиматический потенциал рассчитывался по формуле И. И. Карманова [3]:

$$АП = \frac{\sum t > 10^0 (КУ - P)}{КК + 100}$$

где $\sum t > 10^{\circ}$ – сумма температур выше 10°C , КУ – коэффициент увлажнения, P – поправка к КУ, КК – коэффициент континентальности климата.

При определении агроклиматического потенциала температурные показатели корректировались так называемыми суммами хозяйственных температур, обеспечивающих созревание культуры и получение урожая в 85–90 % лет [4]. Эти температуры выше биологических, обеспечивающих созревание культур в 50 % лет. Коэффициент увлажнения и коэффициент континентальности по административным районам для равнинной территории России взяты из таблицы И. И. Карманова [1].

Наибольший агроклиматический потенциал ($> 7,9$) характерен для западной части Среднерусской провинции (Курская, Брянская, Белгородская области). Данную территорию можно ожидаемо оценить как наиболее пригодную для выращивания наиболее значимых сельскохозяйственных культур, таких, как озимая пшеница, подсолнечник, сахарная свекла. Наименьший потенциал ($< 6,4$) отмечается для юго-восточной части (Ульяновская и частично Самарская области). В целом, значения агроклиматического потенциала находятся в диапазоне 5. 9–8. 3, что характеризует эти территории высокой степенью пригодности для выращивания различных сельскохозяйственных культур.

Таким образом, нами проанализированы средние многолетние данные за длительный период наблюдений, что позволяет избежать сильных отклонений из-за отдельных метеорологических периодов, выбивающихся из общего характера климата. В перспективе также представляет собой интерес сбор базы данных с использованием информации последнего 30-летия.

Литература

1. Карманов И. И., Булгаков Д. С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. 2012. 122 с.
2. Карманова Л. А. Методические рекомендации по курсу «Агрометеорология». М. : Изд-во РУДН, 1998. 48 с.
3. Оценка качества и классификации земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве : практ. пособ. / А. К. Оглезнев [и др.]. М. : Издат. дом «Русская оценка». 138 с.
4. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации / под ред. Л. Л. Шишова [и др.]. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2001. 400 с.

ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC POTENTIAL ON THE EXAMPLE OF FOREST-STEPPE AREA OF CENTRAL RUSSIAN NATURAL AND AGRICULTURAL PROVINCE

Bulgakov D. S., Zhukova Yu. A., Kozlov D. N.

Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Москва, bulgakov. 35@mail.ru

Development and analysis of the database (DB) of agro-climatic indicators were made for administrative regions on the example of the Central forest-steppe areas of natural and agricultural province. This province is one of the most fertile and cultivated on the territory of the Russian Federation. Agroclimatic potential, an index that characterizes the agro-climatic conditions for crops which can be preferably cultivated on this territory, was calculated. In general, the values of agroclimatic potential were in a range of 5. 9–8. 3, which characterizes a high degree of suitability for the cultivation of various crops on the territory considered. Thus, we have analyzed the long-term average data over a long period of observation, thus avoiding strong variations due to uncommon weather periods which distract from the overall character of the climate.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

Бутырин М. В., Коновалов А. С., Дагуров А. В.

ФГБУ «ЦАС «Иркутский», Иркутская область, пос. Дзержинск

Аннотация. В однолетних мелкоделяночных полевых опытах было установлено, что при применении цеолита, активированного декатионированием, а также декатионированием и импрегнацией гуминовым препаратом «Powhumus», наблюдается наибольшая степень детоксикации и поглощения активированными цеолитами загрязнения дизельным топливом.

Введение

В современном мире актуальность исследований в области устранения и минимизации загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами (НП) довольно высока.

Решить вопросы сохранения и восстановления природной среды можно только на основе широкого использования доступных, дешёвых и эффективных сорбентов. Этим требованиям отвечают природные неорганические сорбенты по ряду факторов: месторождения природных сорбционных материалов составляют миллионы тонн; они гораздо дешевле синтетических сорбентов, они обладают высокой температурной и радиационной стойкостью по сравнению с ионообменными смолами.

Однако природные сорбенты имеют много недостатков. Один из таких недостатков – низкие поглотительные характеристики. Активация и модификация природных минеральных сорбентов позволяет значительно повысить их поглотительные способности в отношении широкого спектра веществ. В этой связи становится актуальной проблема получения сорбентов заданного состава и свойств. Активированные цеолиты также становятся источником питательных веществ.

Принимая во внимание высокую деструктивную активность гуминовых веществ в отношении нефтяных углеводородов можно отметить, что они являются одними из наиболее перспективных компонентов модификации цеолитовых сорбентов.

Вегетационно-полевые опыты по оценке эффективности различных методов активации природного цеолита в отношении минимизации и устранения загрязнения почвы дизельным топливом были проведены в 2013 году на опытном участке ФГБУ «ЦАС «Иркутский». Целью исследования являлось в условиях вегетационно-полевого опыта с использованием вегетационных сосудов изучить влияние внесения в почву цеолита, активированного различными методами, на токсичность и концентрацию дизельного топлива.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – цеолит природный молотый Сокирницкого месторождения (Украина, Закарпатская область), активированный различными спо-

собами для повышения его сорбционных и детоксицирующих свойств в отношении загрязнения почвы дизельным топливом.

В работе брали следующие виды цеолита:

- Цеолит без обработки (природный цеолит без физической и химической обработки и без добавления к нему гуминовых препаратов или каких-либо других реагентов);

- Цеолит без глинистых включений (промытый);

- Цеолит прокалённый;

- Цеолит декатионированный (природный цеолит промывается горячей дистиллированной водой (60–70 °С) для удаления глинистых включений, прокаливается в муфельной печи при температуре 400–450 °С вымачивается 24 часа в азотной кислоте (60 г/дм³) в соотношении цеолит:HNO₃ → 1:10);

- Цеолит декатионированный, пропитанный гуминовым препаратом (декатионированный цеолит пропитывается гуминовым препаратом «Powhumus» в концентрации 1 г/дм³).

Использовали семена кресс-салата обыкновенного *Lepidium sativum* L. (ЗАО «Иркутские семена»). Семена прошли лабораторный контроль и соответствуют требованиям стандарта ГОСТ Р 52171-2003.

Для создания модельного загрязнения почвы брали дизельное топливо летнее (ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»).

Результаты и обсуждение

Внесение образцов цеолита в загрязненную почву производилось перед посадкой кресс-салата из расчёта расхода сорбента 3 т/га.

Исследования почвенных образцов на остаточное содержание нефтепродуктов проводились в Испытательной лаборатории федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы «Иркутский» (аттестат аккредитации RA.RU.510305, выдан 22 декабря 2015 г.).

Результаты проведённого исследования представлены на рис. 1 (А–В).

Как видно из графиков, представленных на рис. 1 (А–В), наибольшую эффективность в отношении минимизации загрязнения почвы дизельным топливом показал образец цеолита, активированного и модифицированного декатионированием и пропиткой гуминовым препаратом «Powhumus». В вариантах опыта с концентрацией НП 0,1 % все образцы цеолита значительно снизили содержание дизельного топлива в почве.

Заключение

В результате проведённых опытных работ показано, что наибольшую эффективность в отношении минимизации загрязнения почвы дизельным топливом имеет образец цеолита, активированного и модифицированного декатионированием и пропиткой ГП «Powhumus». Декатионирование и прокаливание цеолита также значительно повышает сорбционные характеристики опытных образцов в отношении загрязнения почвы дизельным топливом.

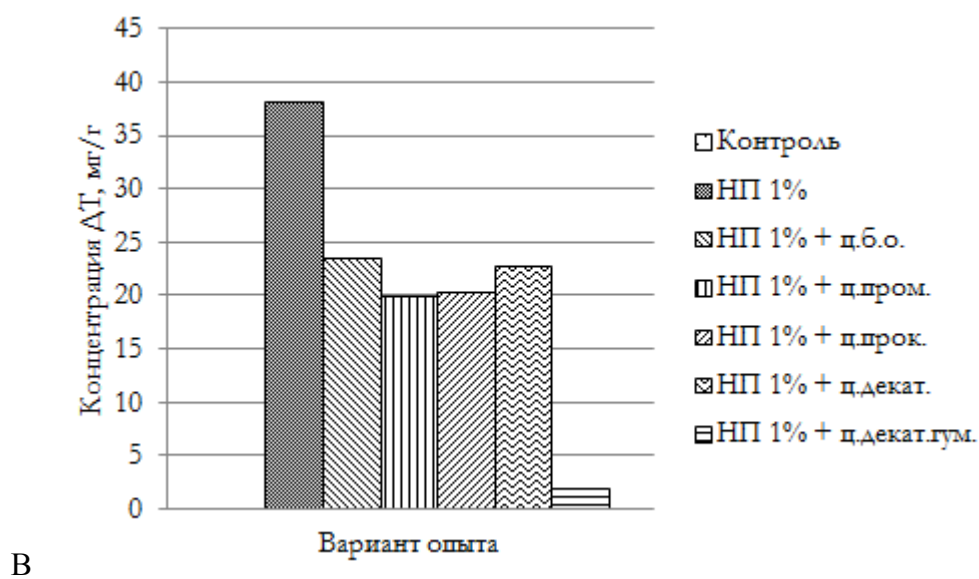
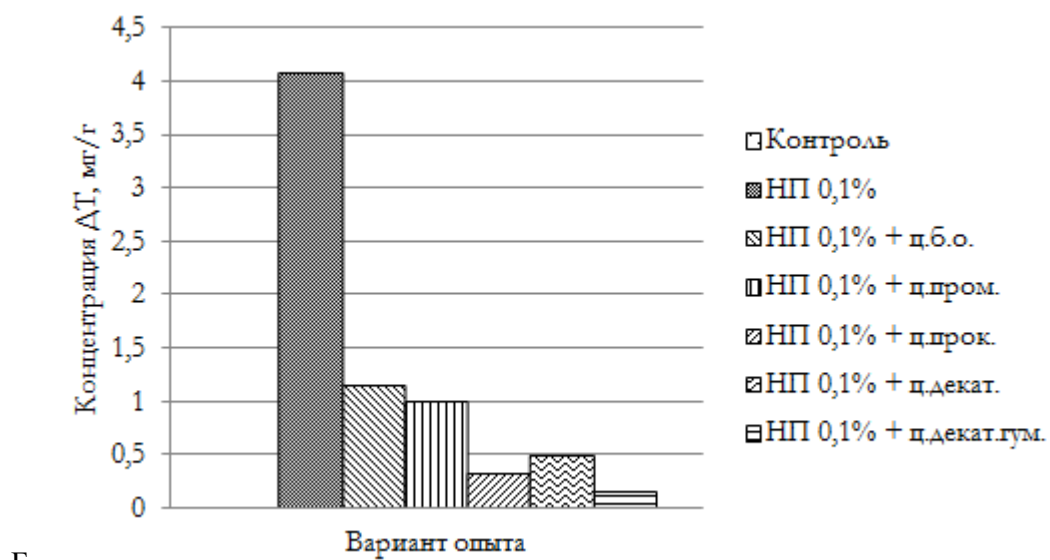
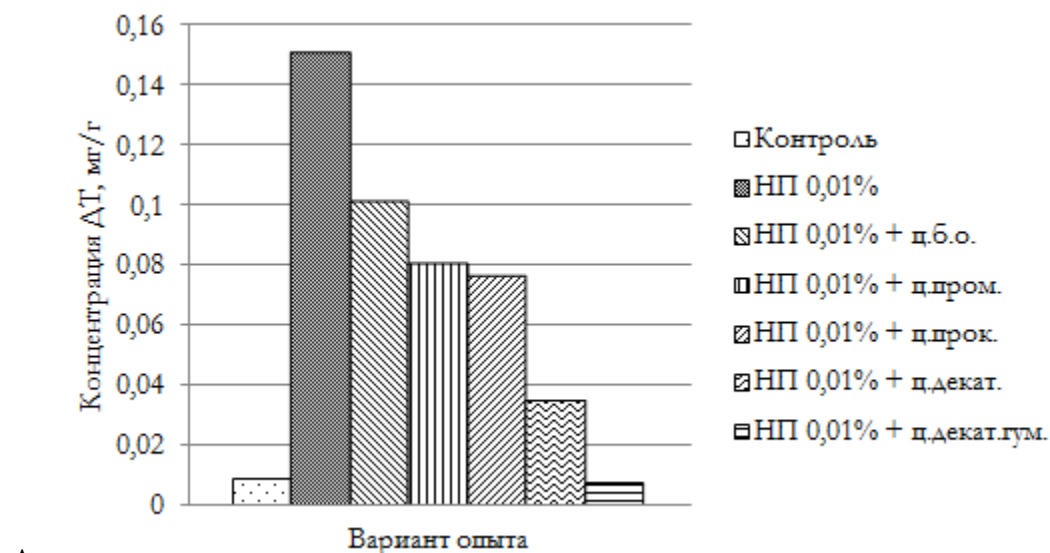


Рис. 1. Содержание нефтепродуктов в почве при внесении цеолита, активированного и модифицированного различными способами (контроль – почва без внесения НП и цеолитов)

Лучше всего исследованные образцы цеолита снижали содержание дизельного топлива в почве при концентрациях НП 0,01 и 0,1 % к объёму вегетационного сосуда. Значительное снижение влияния НП на рост кресс-салата было заметно в вариантах опыта с концентрацией НП 0,01 %. В вариантах опыта с концентрацией НП 0,1 % проросло незначительное количество семян кресс-салата. В вариантах опыта с концентрацией НП 1 % семена практически не проросли, что говорит о недостаточной эффективности внесения модифицированных цеолитов в загрязнённую почву; концентрация НП в почве была значительно снижена при использовании цеолита, модифицированного и активированного декантированием и пропиткой ГП «Powhumus».

Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
2. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
3. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Нефтяные сорбенты. М. : Просвещение, 2003. 268 с.
4. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. М. : Ин-т компьютер. исслед., 2006. 528 с.
5. Сорбция нефтепродуктов углеродными сорбентами / М. А. Передерий [и др.] // Химия твердого топлива. 2009. С. 42–46.
6. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. 1976. 781с.
7. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат 02» (М 03-03-2012). НПФ «Люмэкс», 2012.

ПОДТАЙГА ТОМКОГО ПРИОБЬЯ – ЭКОТОН

Герасько Л. И., Юферова П. С.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
polina089@mail.ru

В соответствии с современными схемами почвенно-географического районирования [4] исследованная территория относится к К4-Приалтайской подтаежной провинции. В более ранних схемах [2; 3] Причулымье отнесено к подтаежному району, а левобережное южное Приобье – к переходному к лесостепной зоне району, а в геоботанической литературе используется термин гемибореальные леса [5; 11]. Применительно к этому сообществу авторы указывают на его достаточно широкое распространение: от южных равнинных и горных районов Средней и Западной Сибири (Приуралье на западе – Прибайкалье на востоке) и его приуроченность в широтном отношении к лесостепной и подтаежной зоне.

Юг и юго-восток Томской области является переходной зоной между горными районами Алтае-Саянской системы и пространствами Западно-Сибирской равнины. На протяжении голоцена здесь неоднократно происходили изменения климатической обстановки. Их продолжительность была достаточной для существенной перестройки почвенного профиля, что прослеживается в наличии остаточного-гумусовых, остаточного-карбонатных горизонтов и других реликтовых признаков [8]. Важно отметить также, что ландшафтные экотоны формируются в сферах латерального взаимодействия контрастных по своей природе геосистем. Это предполагает расширение смыслового значения понятия «экотоны» и перенесение его на весь спектр ландшафтообразующих процессов и явлений в различных переходных зонах [10]. Катена в этом случае является линейным выражением экотона. Исследованная территория в полной мере соответствует понятию экотон. Здесь прежде всего наблюдается большое разнообразие компонентов почвенного покрова: от зональных серых лесных и серых метаморфических почв, до экстразональных: черноземов, подбелов, а на крутых склонах южной экспозиции – солонцеватых и осолоделых почв.

Березовые и березово-осиновые леса, характерные для изученной территории, по мнению авторов [11] являются коренным сообществом и относятся к классу *Brachypodio pinnati* – *Betuletea pendula*, объединяющему леса лесостепной и подтаежной зон. Характерная особенность их наземного покрова, в отличие от южнотаежных, – отсутствие мохового яруса и подстилки. Зональные типы почв – серые лесные и серые глеевые. Степные сообщества и приуроченные к ним черноземы – экстразональные экосистемы, отражающие сложный эволюционный путь, пройденный территорией подтайги [1,8]. Для нее характерны основные параметры экотона: неустойчивое почвообразование, разнообразие компонентного состава почвенного покрова, его поликлимаксность. Некоторые авторы [15] отмечают присутствие признаков остаточной солонцеватости и осолодения. Сам факт наличия лесостепных и подтаежных ландшафтных в юго-

восточных районах Сибири исследователи [1,6] объясняют сочетанием широтно-зональных, долготных, орографических и др. факторов, дополняемых палео-географическим наследием территории. Главными факторами, определяющими компонентный состав почвенного покрова в условиях сбалансированного увлажнения, являются геогенные. Поэтому на лессовидных суглинках высоких террас р. Оби в составе почвенного покрова преобладают не зональные – серые лесные почвы, а черноземы, исследованием особенностей генезиса которых было посвящено настоящее исследование. Серия разрезов была заложена в непосредственной близости от р. Оби для того, чтобы учесть ее дренирующее и обогревающее воздействие. Разрезы закладывались под различными угодьями: березовый лес, залежь, пашня. По этой же схеме была заложена вторая серия разрезов на расстоянии 15–20 км от р. Оби.

В соответствии с классификацией и диагностикой почв 2004 г. [9] изученные черноземы относятся к типу глинисто-иллювиальных, подтипу типичных и характеризуются накоплением илистой фракции в нижней части гор. АВ, особенно интенсивно проявляющуюся под лесом на периферии микрозападин. Другая их особенность – повышенная мощность гумусового горизонта, достигающая 50–75 см в то время как в пахотных в большинстве случаев мощность гумусового горизонта не превышает 40–50, что объясняется, в первую очередь, техногенной эрозией. Содержание гумуса в пахотных горизонтах колеблется от 4,7 до 7,0 %, а в гор. А «лесных» черноземов от 6,6 до 11,5 %.

Кроме того, в черноземах Р.5 и Р.6 в средней части профиля появляются признаки оглеения и ожелезнения, а карбонаты представлены журавчиками. Наличие этих признаков характерно для подтипа глееватых черноземов [9]. Большинство изученных почв характеризуется некоторыми увеличением содержания гумуса в нижней части профиля, что, возможно, объясняется [12; 13] подвижностью гумусовых кислот и выпадением гуматов кальция в предкарбонатном горизонте. В некоторых случаях это может быть связано с активной деятельностью почвенной фауны: в большинстве профилей имеются кротовины на глубине более метра миграция гумуса в условиях сбалансированного увлажнения подтайги чаще наблюдается в черноземах, сформировавшихся под травянистыми березовыми лесами. Наиболее яркий пример почва Р.3, для которой характерно максимальное содержание гумуса и одновременно высокая его подвижность: на глубине 95 см – 1,7 %, а карбонаты – на глубине 110 см. Таким образом, в предгорной подтайге черноземы и упоминавшиеся выше солонцеватые и осолоделые почвы встречаются только на склонах южной экспозиции. На исследованной территории наше внимание было сосредоточено на «лесных» черноземах так как большинство авторов критически относиться к возможности формирования этих почв под лесными сообществами. Черноземы с признаками оглеения находятся на границе экотона подтайга-южная тайга, который в отличие от изученной территории (Обь-Шегарское междуречье) находится западнее на междуречье Шегарка-Икса, где преобладают дерново-подзолистые почвы со вторым гумусовым горизонтом.

Литература

1. Геосистемы контакта тайги и степи: юг Центральной Сибири / Е. П. Бессолицына, С. В. Какарека, А. А. Крауклис, Л. К. Кремер. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 217 с.
2. Григор Г. Г. Общий физико-географический обзор Томской области и особенности ее южных районов // Вопросы географии Сибири. Томск : Изд-во ТГУ, 1951. Сб. 2. С. 157–176
3. Григор Г. Г., Коженкова З. П., Тюменцев Н. Ф. Физико-географическое районирование Томской области // Вопросы географии Сибири. Томск : Изд-во ТГУ, 1962. Сб. 4. С. 13–26
4. Добровольский Г. В., Урусевская И. С., Алябина И. О. Карта почвенно-географического районирования России масштаба 1:15 000 000 // Доклады по экологическому почвоведению. Вып. 8, № 2. С. 1–18.
5. Ермаков Н. Б. Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Гемибореальные леса. Классификация и ординация. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. 232 с.
6. Ивашутина Л. В., Николаев В. А., Масленникова В. В., Тимашева И. Е., Щербакова Л. Н. Ландшафтная структура Западной Сибири // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1980. № 2. С. 67–70
7. Ильин Р. С. Об условиях почвообразования в Томском округе // Труды Томского краевого Музея. Т. 3, вып. 1. Томск, 1929. С. 18–46
8. Караваева Н. А., Соколова Т. А., Целищева Л. К. Почвообразовательные процессы и эволюция почв подтайги-южной тайги Западной Сибири // Процессы почвообразования и эволюции почв. М. : Наука, 1985. С. 139–201.
9. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
10. Коломыц Э. Г. Бореальный экотон и географическая зональность. М. : Наука, 2005. 390 с.
11. Лацинский Н. Н., Ветлужских Н. В. Леса класса *Brachypodio pinnati* – *Betuletea pendulae* на северном пределе их распространения // Вестн. ТГУ. Биология. 2009. № 3 (7). С. 5–18.
12. Пономарева В. В. Плотникова Т. А. Гумус и почвообразование. Л. : Наука, 1980. 220 с.
13. Пономарева В. В. Теория подзолообразовательного процесса. Биохимические аспекты. М. ; Л. : Наука, 1964. 363 с.
14. Хмелев В. А., Давыдов В. В. Генезис и эколого-хозяйственные свойства почв лесостепи Томского Приобья // Проблемы региональной экологии. Томск : Изд-во СО РАН, 1995. Вып. 4. С. 7–141.

SUBTAIGA OF TOMSK PRIOB`YE – ECOTON.

Gerasko L. I., Yuferova P. S.

National Research Tomsk State University, Tomsk, polina089@mail.ru

Specific features of soil formation within the limits of sub-taiga Tomsk Ob – a geosystem of transient type are considered. Its northern part of subtaiga of Western Siberia is situated on the contact of plain southern taiga and submountain of Altai-Sayan mountain system. The term "ecotone" presupposes existence of interaction between neighbours territories, it is characterized with active horizontal landscape connections. Catena is linear expression of orographical ecotone. The subtaiga territory of Tomsk Priob`ye interfluvium completely corresponds to the parameters of ecotone. It is characterized by great variety of soil cover components, different extent of their textural differentiation. In consequence of highly ruggedness of the relief, presence of declivities of different steepness in soil formation radial processes together with lateral ones have much significance.

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ В СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Голубцов В. А., Рыжов Ю. В.

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, tea_88@inbox.ru

Ландшафтно-климатические изменения позднеледниковья и голоцена в Байкальском регионе детально охарактеризованы по данным, полученным при изучении донных осадков оз. Байкал, прилегающих к нему небольших озер и торфяников. Однако, распространение полученных результатов на обширные территории, отдаленные от акватории Байкала, проблематично в силу слабой изученности субаэральных отложений и почв, сформированных в регионе на протяжении финальных стадий позднего плейстоцена и в голоцене. В то же время, изменения палеоландшафтных обстановок детально отражаются в характере почвообразования и субаэрального осадконакопления [7–9], что делает актуальным восстановление специфики и хронологии данных процессов.

Исследования проводились на территории Западного Забайкалья, в пределах Селенга-Хилокского геоморфологического района. Исключительно широкое распространение здесь имеют древние и современные эоловые формы рельефа [3], что указывает на значительную сухость климата данной территории в течение длительного времени. В таких условиях ландшафты очень восприимчивы к изменению климатических параметров, в особенности увлажненности, поэтому активизация почвообразования может служить надежным индикатором повышения влагообеспеченности.

Современные климатические условия довольно засушливы. По данным ближайшей метеостанции Новоселенгинск годовая сумма осадков составляет 255 мм. Климат резко континентальный со среднегодовой температурой воздуха $-1,4^{\circ}\text{C}$. Средняя температура июля $19,8^{\circ}\text{C}$, января – от $-26,1^{\circ}\text{C}$ [1]. Господствуют степи резко выраженного ксероморфного облика, которые внедряются далеко вверх по склонам хребтов [4]. В составе современного почвенного покрова преобладают каштановые почвы и псаммоземы гумусовые [6].

Детально изучены два разреза рыхлых отложений, расположенных по правому борту долины р. Селенги у подножья северо-западного склона Боргойского хребта (рис. 1). Разрез Номохонов-II заложен в пределах делювиального шлейфа. Разрез Номохонов-I имеет сложное строение. Верхняя его часть (0–5 м) вскрывает отложения конуса выноса пади Барун-Хундуй, нижняя часть (5–10 м) сложена аллювиальными отложениями, залегающими на коренных породах. Особенности строения верхней части (0–5 м) разреза, свойства почв и отложений подробно описаны в работах [2; 5].

Обобщая их, отметим, что строение конуса выноса пади Барун-Хундуй, вскрытое в разрезе Номохонов-I, отражает значительные колебания в развитии

эрозионной формы, вызванные преимущественно сменами ландшафтно-климатических условий на территории исследования.

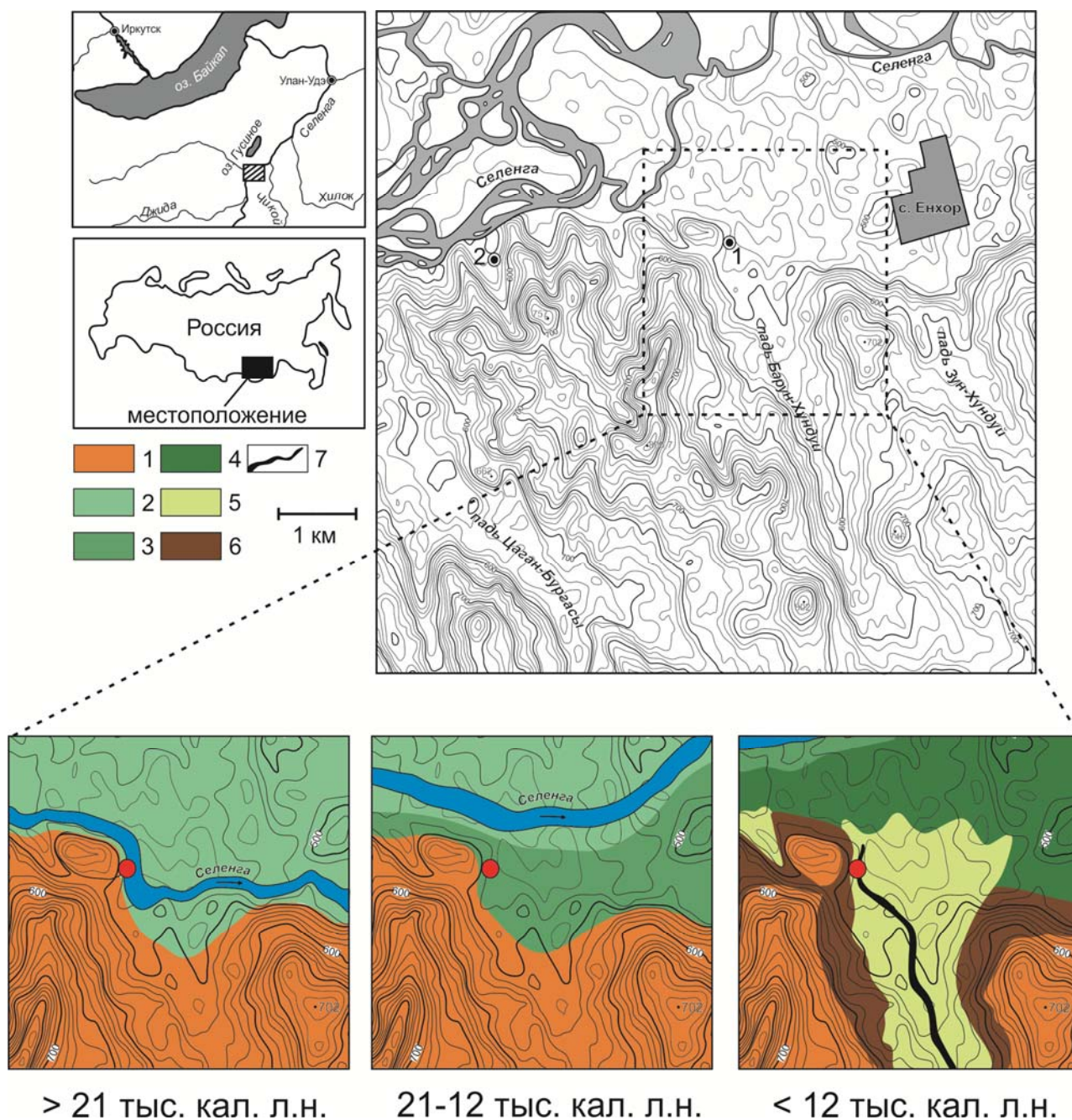


Рис. 1. Положение исследуемых разрезов (1 – Номохоново-I; 2 – Номохоново-II) и основные этапы развития рельефа приустьевой части пади Барун-Хундуй. Условные обозначения: 1 – элювиально-делювиальные отложения склонов и водоразделов; 2 – аллювиальные отложения пойм и русел; 3 – аллювиальные отложения низкой поймы; 4 – отложения низких террас; 5 – пролювиальные отложения конусов выноса; 6 – делювиальные отложения шлейфов; 7 – современные овраги

Для позднеледникового интервала развития толщи отложений характерны контрастные смены климатических условий. Его начало совпадает с периодом аридизации и активного развития эоловых процессов, что привело к накоплению высококарбонатных отложений. Последовавший этап почвообразования

(11 990±450 кал. л. н. (ЛУ-8132)), во время которого сформировалась аллювиальная гумусовая глееватая, криогенно-ожелезненная почва с формулой профиля [AY] g – G cf – CG, проходил в довольно влажных условиях северной лесостепи или тайги при незначительной теплообеспеченности. Большое влияние на формирование почвы оказывала многолетняя мерзлота. Потепление, произошедшее в раннем голоцене, привело к деградации последней, увеличению мощности деятельного слоя и, как следствие, к активизации эрозионно-аккумулятивных процессов. Вероятно, на данном этапе происходит заложение пади Барун-Хундуй и начало формирования ее конуса выноса, что фиксируется по резкой смене режима осадконакопления (эоловые осадки замещаются делювиально-пролювиальными).

В течение голоцена на конусе выноса накапливались преимущественно делювиально-пролювиальные отложения с относительно тонкими прослоями эоловых карбонатных супесей. В финале бореального периода (8,8 – 9,2 тыс. кал. л. н.) и первой половине суббореального периода (~5,0 – 4,7 тыс. кал. л. н.) формировались каштановые почвы. В финале суббореального периода (~3,2 – 2,9 тыс. кал. л. н.) сформировался стратозем. Кратковременные этапы педогенеза, приводившие к формированию светлогумусовых почв, фиксируются предположительно в предбореальном, атлантическом и субатлантическом периодах. Развитие отложений и почв в голоцене проходило в довольно сухом климате под степными ландшафтами при периодических сменах ведущего экзогенного процесса. При снижении интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов основную роль в осадконакоплении начинал играть эоловый фактор. Основным этапом формирования эоловых отложений зафиксирован в раннем голоцене (бореальный период). Менее длительные – в атлантическом, начале (~5,4 – 4,8 тыс. кал. л. н.) и конце (~3,4 – 2,9 тыс. кал. л. н.) суббореального периода.

Ход развития почвообразования и осадконакопления, фиксирующийся в верхней части разреза Номохонов-І, довольно хорошо коррелирует с таковым, отмечаемым в строении разреза делювиального шлейфа Номохонов-ІІ. Анализ особенностей строения разреза и данные по абсолютному возрасту почв позволяют выделить основные этапы активизации эрозионно-аккумулятивных и эоловых процессов, которые датируются ранним голоценом (> 6,9 тыс. кал. л. н.), ~5,9–4,8; ~3,7–2,6 и 1,1–0 тыс. кал. л. н. Почвы формировались на протяжении 6,9–5,9; ~4,8–3,7 и 2,6–1,1 тыс. кал. л. н. Сформированные здесь почвы относятся к отделам стратоземов, светлогумусовых и каштановых, формировавшихся в довольно сухих степных условиях при периодической активизации эрозионно-аккумулятивных процессов и привносе свежего минерального субстрата.

В 2015 г. мы продолжили работы на разрезе Номохонов-І и вскрыли его до коренных пород, залегающих на глубине 10 м. Удалось выяснить, что в интервале глубин 5–10 м разрез сложен аллювиальными отложениями, первоначально (> 21 тыс. кал. л. н.) накапливавшимися в условиях прирусловой отмели. Около 21 тыс. л. н. прирусловая отмель переходит в низкую пойму, что фиксируется профилем аллювиальной гумусовой глеевой почвы, залегающей на глубине 7,5 м, поверхностный гумусовый горизонт которой имеет возраст 20 650±320 кал. л. н. (ЛУ-8131). Перекрывающие ее отложения представлены

мелкозернистыми песками с пологоволнистой прерывистой слоистостью, переходящими в интервале 6–7 м в горизонтально-волнистые, слои имеют уклон в сторону современного русла р. Селенги. На этих отложениях сформирована аллювиальная почва, возрастом $11\,990 \pm 450$ кал. л. н., о которой уже упоминалось выше.

Учитывая описанные особенности разреза Номохоново-I, можно предположить следующую последовательность ландшафтно-климатических изменений на исследуемой территории (см. рис. 1):

1) > 21 тыс. кал. л. н. – уровень р. Селенги примерно на 10 м выше современного, низкая расчлененность рельефа, отложения формируются в условиях прирусловой отмели при относительно холодном климате;

2) 21 – 12 тыс. кал. л. н. – врезание реки, формирование аллювиальных гумусовых глеевых почв в условиях низкой поймы, низкая расчлененность рельефа, плохая дренируемость почв;

3) < 12 тыс. кал. л. н. – дальнейшее врезание реки, формирование позднеледниковых аллювиальных почв в условиях высокой поймы при значительном влиянии мерзлоты. Повышение теплообеспеченности территории и аридизация климата в голоцене, деградация многолетнемерзлых пород, начало интенсивного расчленения рельефа. Заложение пади Барун-Хундуй и формирование ее конуса выноса, перекрывшего аллювиальные отложения. Расширение ареалов степных ландшафтов, формирование каштановых, светлогумусовых и других почв.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00521).

Литература

1. Батуев А. Р., Буянтуев А. Б., Снытко В. А. Геосистемы и картографирование эколого-географических ситуаций приселенгинских котловин Байкальского региона. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. 164 с.
2. Голубцов В. А., Рыжов Ю. В. Почвообразование в степных ландшафтах Селенгинского среднегорья (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // Степи Северной Евразии : материалы VII Междунар. симп. Оренбург : ИС УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2015. С. 260–263.
3. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М. : Наука, 1974. 359 с.
4. Решиков М. А. Степи Западного Забайкалья // Тр. Вост.-Сиб. фил. АН СССР. Сер. биол. 1961. Вып. 34. 174 с.
5. Рыжов Ю. В., Голубцов В. А., Кобылкин Д. В. Развитие эрозионно-аккумулятивных и эоловых процессов в степных ландшафтах Селенгинского среднегорья (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // География: развитие науки и образования : коллектив. моногр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. «LXVIII Герценовские чтения». СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2015. С. 249–252.
6. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация / Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, Н. Б. Бадмаев, А. Б. Гынинова, В. Л. Убугунов, Л. Д. Балсанова // Вестн. Бурят. Гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. 2012. № 2. С. 45–52.
7. Birkeland P. W. Soils and Geomorphology. N. Y. : Oxford University Press, 1999. 430 p.
8. Reading H. G. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Oxford : Blackwell Science, 1996. – 688 p.
9. Retallack G. J. Soils of the Past. An Introduction to Paleopedology. Oxford: Blackwell Science, 2001. 404 p.

SOIL EVOLUTION IN STEPPE LANDSCAPES OF SELENGA MIDLAND DURING LATE GLACIAL AND HOLOCENE

Golubtsov V. A., Ryzhov Yu. V.

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, tea_88@inbox.ru

On the basis of investigations of soil-sedimentary sequences formed on area between Selenga and Chikoy rivers the regional dynamics of sedimentation and pedogenesis during Late Pleistocene and Holocene have been reconstructed. It is shown that the formation of sediments and soils during the Holocene took place in a relatively dry climate mainly under steppe landscapes, which substitute taiga and forest-steppe ones that were formed in the Late Glacial. The paper presents the new data on the relief development of the investigated territory and the stages of soil formation in the Late Pleistocene. The reconstructed dynamics of sedimentation and pedogenesis correlates with the landscape-climatic changes in the north of Mongolia and the Baikal region. There are large similarity of climatic variations in the study area with climate change and vegetation north of Mongolia.

СПЕЦИФИКА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИНДЕКСАЦИИ ГОРИЗОНТОВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЮГА РОССИИ

Горбов С. Н., Безуглова О. С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, gorbow@mail.ru

На территории России сосредоточено около 50 % мирового запаса черноземов, и существенная их часть приходится именно на Южный федеральный округ (ЮФО). Одновременно ЮФО является и индустриальным регионом страны, урбанизация территории по данным на 2002 г. составляла 70,8 %, в настоящее время округ, несмотря на его сельскохозяйственную специализацию, практически сравнялся со средним показателем по России – 74,2 %.

В черноземной зоне одной из самых крупных высокоурбанизированных зон России является Ростовская агломерация [10]. Основой для формирования городских почв Ростовской агломерации послужили, прежде всего, черноземы обыкновенные карбонатные (миграционно-сегрегационные [13]) различной мощности и гумусированности, претерпевшие ряд изменений под влиянием урботехнопедогенеза. Необходимо отметить, что под урботехнопедогенезом авторы понимают комплекс почвообразовательных процессов, протекающих в условиях города под влиянием техногенных воздействий [2; 5].

В условиях интенсивной эксплуатации территории промышленных и жилых районов старой части города наиболее характерный для урботехнопедогенеза процесс трансформации черноземов – это полное (до горизонта ВС) или частичное (горизонт А) скальпирование (снятие верхнего слоя) почвенного профиля с последующей стагнацией оставшейся части профиля. В таком случае мы имеем дело с урбостратоземом, сформированном на черноземе, диагностическим элементом которого является наличие мощного горизонта «урбик». На современном этапе развития почвоведения сформировалось определенное коллегиальное мнение относительно морфо-генетических характеристик данного горизонта. В коллективной работе [8] указывается, что горизонт «урбик» (UR) – синлитогенный диагностический горизонт: постепенно образующийся за счет привнесения различных субстратов на дневную поверхность в условиях городских и сельских поселений».

В Ростовской агломерации нами диагностированы следующие варианты антропогенно-преобразованных почв, являющихся производными от черноземов (рис. 1).

Урбостратоземы (урбаноземы) на погребенных черноземах миграционно-сегрегационных имеют профиль UR–AU_{ur}–[AU_{lc}(AU_{ur})–BCA_{lc}–BCA_{nc}–Csa], либо в случае полного скальпирования чернозема UR–[Csa (D)], в которых мощность горизонта урбик UR > 40 см. В этом случае почва называется урбостратозем (урбанозем) на лессовидных суглинках.

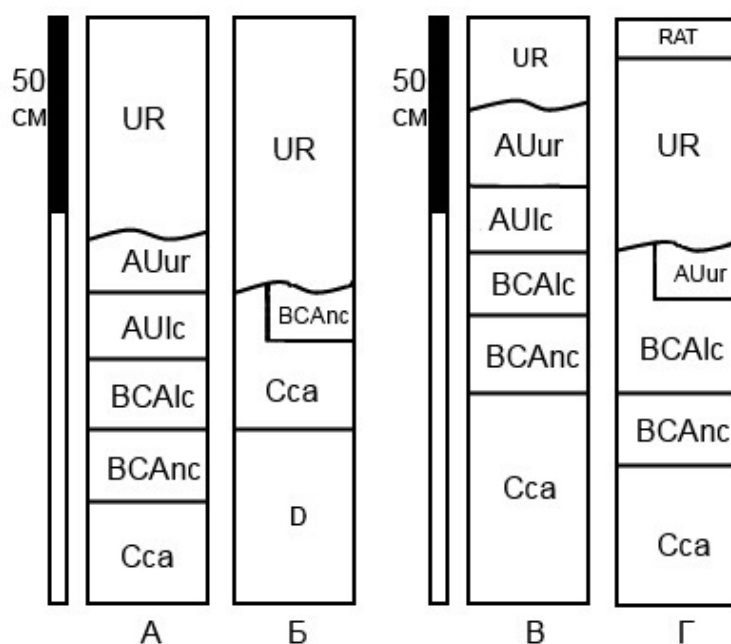


Рис. 1. Схематическое строение профилей антропогенно-преобразованных почв Ростовской агломерации: А – урбостратозем на погребенном черноземе миграционно-сегрегационном; Б – урбостратозем на лессовидных суглинках; В – урбостратифицированный чернозем миграционно-сегрегационный; Г – Реплантозем на погребенном черноземе миграционно-сегрегационном

Нередко горизонт UR ясно разделяется на подгоризонты UR1, UR2 и т. д., отличающиеся друг от друга по морфологии, составу, свойствам. Эти почвы в силу изменившихся условий процессов почвообразования и осадконакопления и, как следствие, особенностей строения профиля, следует относить к стволу синлитогенных почв и отделу стратоземов [8]. Широко распространены и урбостратифицированные подтипы черноземов миграционно-сегрегационных (или урбо-черноземов), имеющие профиль UR–AUlc(AUur)–BCAlc–BCAnc–Cca, в которых мощность горизонта UR не превышает 40 см, а зачастую лежит в пределах 10–25 см. С нашей точки зрения для этих почв необходимо найти место в стволе постлитогенных почв. Парадоксально, но в новой классификации почв России [12] такие почвы предложено выделять в качестве урбостратифицированных подтипов стратоземов, в то время как почв с горизонтом UR, мощность которого превышает 40 см (а в условиях Ростовской агломерации встречаются почвы с мощностью UR и более метра), нет совсем.

Нередко в своем составе почвы содержат верхний рекультивационный компостно-гумусовый горизонт (RAT), созданный специально под газонное покрытие и представляющий собой насыпной поверхностный органико-минеральный слой городской почвы, темной окраски, комковатой структуры, содержащий более 4 % гумуса (рис. 1, 2). Подобного рода рекультивационные горизонты являются диагностическими для выделения почвоподобных тел – техноземов (реплантоземов и конструкторземов [8]). По мнению Т. В. Прокофьевой с соавторами [7], потенциально они являются основой для будущего городского почвообразования. При постоянных подсыпках органического материала слои увеличиваются по мощности и сохраняют свои свойства. Авторы считают,

что в городской среде при «свободном функционировании» такие горизонты постепенно трансформируются в горизонты AUug или AJug (рис. 1, 2).

Данные типы почв наиболее характерны для селитебной, и отчасти промышленной зон города. Стагнация, прежде всего, сказывается на таких важных для черноземообразования процессах, как гумусонакопление и миграция карбонатов, и тот и другой процессы прекращаются, и содержание этих компонентов меняется мало, за исключением тех случаев, когда перекрывающий материал содержит в повышенных количествах карбонаты кальция.

Еще одним из существенных преобразований почвенного покрова городских ландшафтов является запечатывание почвы посредством ее перекрытия непроницаемыми субстратами, такими как асфальт или бетон. На подобных закрытых территориях почвы либо уничтожаются в ходе строительства, либо поверхностно изолируются с образованием особой группы запечатанных почв – экраноземов или экранированных грунтов [6]. Как следствие, очередной путь эволюции чернозема в условиях городской среды – это его консервация под непроницаемым покрытием. При этом нередко почвенный профиль, принимая во внимание его природную глубину, может сохранять свою мощность практически в том состоянии, которое было присуще почве до запечатывания, а содержание основных компонентов остается на уровне, характерном для черноземов в их естественном сложении. Исключение составляет гумус. Его содержание уменьшается, стабилизируясь через некоторое время на достаточно низком уровне [1; 3].

Подобная консервация профиля чернозема в условиях интенсификации современного градостроительства зачастую носит временный характер и при освобождении запечатанных почв от покрытия они автоматически становятся объектом обследования, представляя собой своего рода биокосный резерв урбоэкосистемы. Обусловлено это тем, что почва в состоянии стагнации или консервации сохраняет свои основные свойства и в случае «высвобождения» способна восстанавливать свой потенциал [4].

Изучение территорий с открытой поверхностью в условиях Ростовской агломерации показало наличие здесь старопашотных черноземов. Открытые территории заняты газонами, лесопарками, парками и садами. Одной из основных функций почвенного покрова этих территорий является аккумулятивная, в данном случае проявляющаяся накоплением специфического органического вещества [3]. Причем превалируют территории, занятые искусственными лесными массивами, и с этой точки зрения Ростовская агломерация характеризуется значительным преобразованием растительного покрова и изменением его флористического состава: степная растительность замещается лесной. По данным А. В. Рогинского [11], общая площадь зеленых древесных насаждений в черте города и прилегающих ландшафтах составляет 7 тыс. га, из них парками, скверами и бульварами занято 840 га, остальные площади приходятся на долю лесопаркового пояса за пределами городской застройки, но уже относящимися к «Большому Ростову».

Проведенные нами исследования [3] показывают, что в озелененных территориях города наблюдается увеличение содержания гумуса в поверхностном 10-

см слое по сравнению с нативными черноземами. За более чем полувековую историю развития лесопаркового пояса содержание гумуса в 7,0 % становится для почв, слагающих эти массивы, среднестатистической величиной с границами типичных значений от 5,9 до 8,5 %.

Как известно, под древесными насаждениями характер поступления растительного опада иной, чем в степи, в результате чего происходит изменение распределения гумуса и почвенной влаги в профиле черноземов. Изменяется и характер водного режима: затенение поверхности почвы кроной деревьев способствует в жаркое время года сохранению влаги, и в целом по году, преобладанию нисходящих токов влаги, над восходящими. Прежде всего, это сказывается на распределении карбонатов, которые подвергаются выщелачиванию, как минимум, в горизонты ВСаIc или ВСаIпс, а иногда и в Сса. Степень выщелоченности может быть как слабая (высоко карбонатные), так и средняя (средне карбонатные). Чернозем при этом диагностируется как миграционно-сегрегационный высококарбонатный, либо среднекарбонатный. Изредка встречаются и сильно выщелоченные почвы (глубококарбонатные виды).

Итак, инситный урботехнопедогенез определяет три пути морфологической трансформации чернозема в черте города: стагнация под погребенной толщей, консервация под твердой непроницаемой поверхностью и интенсификация процессов гумусонакопления и выщелачивания карбонатов под лесной растительностью.

Еще один, особенный, путь – хемотрансформация, наблюдающаяся под влиянием значительного химического загрязнения, при котором во внешних морфологических признаках чернозема явные изменения проявляются не всегда в силу того, что они идут на уровне микрофлогического сложения [3; 9], состава почвенно-поглощающего комплекса и почвенных растворов. В этом случае в зависимости от степени, вида и масштаба загрязнения чернозем может относиться, либо к роду загрязненных тяжелыми металлами или нефтепродуктами, если их содержание немногим превышает ПДК (ОДК), либо при содержании загрязнителя более 5 ПДК, почва вне зависимости от строения профиля и остальных свойств будет называться хемоземом.

Исследование выполнено в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

Литература

1. Гаврилов Д. А., Дергачева М. И., Хабдулина М. К. Палеопочвы и природные условия функционирования средневекового городища Бозок в VIII–XIV вв. // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2011. № 3. С. 7–15.
2. Глазовская М. А., Солнцева Н. П., Геннадиев А. Н. Технопедогенез: формы проявления // Успехи почвоведения. М. : Наука, 1986. С. 108–113.
3. Горбов С. Н., Безуглова О. С. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону // Почвоведение. 2014. № 8. С. 953–962.

4. Генотоксичность и загрязнение тяжелыми металлами естественных и антропогенно-преобразованных почв Ростова-на-Дону / С. Н. Горбов, О. С. Безуглова, Т. В. Вардуни, А. В. Горовцов, С. С. Тагиведиев, Ю. А. Гильдебрант // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1519–1529.
5. Технопедогенез на футбольных полях России / И. В. Замотаев, В. П. Белобров, В. Т. Дмитриева, Д. Л. Шевелев. М. : Медиа-пресс, 2012. 264 с.
6. Прокофьева Т. В. Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1998. 24 с.
7. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623.
8. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т. В. Прокофьева, М. И. Герасимова, О. С. Безуглова, К. А. Бахматова, А. А. Гольева, С. Н. Горбов, Е. А. Жарикова, Н. Н. Матинян, Е. Н. Наквасина, Н. Е. Сивцева // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1–11.
9. Опыт микро-морфологической диагностики городских почв / Т. В. Прокофьева, С. Н. Седов, М. Н. Строганова, А. А. Каздым // Почвоведение. 2001. № 7. С. 879–890.
10. Рейтинг урбанизации стран мира. Гуманитарная энциклопедия [Электронный ресурс] / Центр гуманитарных технологий. 8.06.2011 (посл. ред.: 18.03.2015). URL: <http://gtmarket.ru/ratings/urbanization-index/inf>
11. Рогинский А. В. Городская флора и растительность // Природа Ростова : учеб. Пособие. Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 1999. 264 с.
12. Шестаков И. Е., Еремченко О. З., Филькин Т. Г. Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. № 1. С. 12.
13. Классификация и диагностика почв России / сост.: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

SPECIFICITY OF THE MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND FEATURES OF HORIZONS INDEXATION OF URBAN SOILS OF THE SOUTHERN RUSSIA CHERNOZEM ZONE

Gorbov S. N., Bezuglova O. S.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, gorbow@mail.ru

Soil cover in urban areas can be completely altered by human activities. Firstly the soil morphology has been significantly changes. The soil horizons can be moved, removed or replaced by another material bring from without. However, modification of the natural soil in the city can occur in the absence of obvious morphological modification. The urban pedogenesis defines some ways of Chernozems transformation of South of Russia. The first way is the stagnation of soil profile under covering mass of the urbik horizons, with the formation of Urbostratozems (Urbic Technosol Molic) and urbostatified Chernozems (Calcic Chernozem Novic Technic). The second way is conservation under the solid impermeable surface, forming shielded varieties of urban soils (Ekranic Technosol). The third way is intensification the basic soil-forming process under forest vegetation, leading to the formation of secondary leaching Chernozems with high humus content. The special way of transformation is chemo-transformation which evolving under the influence of a significant chemical contamination. This transformation way results in the development of specific urban soils – Khemozems (Urbic Technosol Toxic).

ПОЧВЫ НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ

Дамбинова Е. Л., Воробьева Г. А.

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, knopa_pyilit@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

При исследовании свойств почв геоархеологического объекта Катина Щель (Среднее Приангарье, зона заполнения Богучанского водохранилища, 90 км севернее Усть-Илимска) авторами были получены необычно высокие показатели содержания обменного кальция (50–80 мг-экв/100 г). Такие содержания обменного кальция сначала были приняты за аналитическую ошибку, поскольку почвы имели легкосуглинистый состав и низкое содержание гумуса, но повторные определения подтвердили первоначальные результаты, что заставило авторов направить исследования на поиск причин этого непонятного явления. В числе причин рассматривались присутствие легкорастворимых солей кальция и состав глинистой фракции.

Анализ водной вытяжки показал, что почва не засолена, и содержание в ней воднорастворимого кальция составляет всего 4–6 мг-экв, магния – 2 мг-экв. Почва не вскипает от HCL и не содержит карбонатов.

Известно, что увеличение относительной доли монтмориллонита в составе глинистых минералов, способствует возрастанию емкости катионного обмена, но при этом среди обменных оснований, как правило, увеличивается доля магния. Однако в исследуемых почвах наблюдалась обратная картина: очень высокое содержание обменного кальция при обычном содержании обменного магния (7–15 мг-экв/100 г). К тому же, при высушивании суспензии илистой фракции не обнаружались морфологические признаки, характерные для монтмориллонита (сильное растрескивание при высыхании и закручивание краев, глянцеватая поверхность). Если даже допустить монтмориллонитовый состав глинистых минералов, то и в этом случае расчетная ЕКО будет недостаточно высока, чтобы объяснить очень высокое содержание обменного кальция.

В ходе аналитических экспериментов был выявлен следующий парадокс: в больших количествах (60–70 мг-экв) обменный кальций переходил в солевую вытяжку (1 н. раствор NaCL), но в существенно меньших количествах (20–30 мг-экв) в солянокислую вытяжку (0,1 н. раствор HCL).

Поиски причин вышеозначенного феномена привели к тщательному изучению геологической ситуации. Как показано на геологической карте [4], для исследуемой территории характерно широкое распространение богатых цеолитами вулканогенно-осадочных пород корвунчанской свиты. Известно, что цеолиты – это алюмосиликаты, способные к обменным реакциям.

В начале XX в. предполагалось, что поглотительная способность почв обусловлена присутствием в почвах минералов цеолитов. Позднее в 20–30-х гг. благодаря исследованиям К. К. Гедройца [2] стало понятно, что обменная способность почв – это свойство ее коллоидально раздробленной части, названной

К. К. Гедройцом почвенно поглощающим комплексом (почвенным коллоидальным комплексом). Минеральную часть этого комплекса К. К. Гедройц называл цеолитной частью почвы или алюмосиликатным поглощающим комплексом, а органическую часть – гуматной частью почвы или органическим поглощающим комплексом. В связи с тем, что алюмосиликатная часть поглощающего комплекса оказалась представлена не цеолитами, а глинистыми минералами (каолинитом, монтмориллонитом, гидрослюдой и др.) термин «цеолитная часть» почвы к середине XX века вышел из употребления.

ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ В ПРИБАЙКАЛЬЕ

Приводимые здесь данные базируются на материалах геологического обследования территории, отраженных в геологических картах и пояснительных записках к ним, а также на сведениях, изложенных в учебно-методическом пособии [1].

Цеолиты – это группа минералов, кристаллическая решетка которых представлена каркасом, схожим с каркасом полевых шпатов и фельдшпатоидов, но отличающаяся наличием крупных полостей и каналов. Благодаря этой особенности цеолиты способны к абсорбции молекул различных веществ (воды, спирта, аммония). Характерная особенность цеолитов – способность к обмену катионов водного раствора на катионы, располагающиеся в пустотах каркаса минералов без нарушения структуры каркаса цеолитов. Таким образом, цеолиты являются эффективными сорбентами различных веществ и обладают высокой емкостью катионного обмена.

Известно, что цеолиты образуются в полостях эффузивных пород, преимущественно основных. Цеолитами замещаются полевые шпаты, нефелин и другие минералы. Цеолитизация – это поствулканический метасоматический гидротермальный процесс, происходящий в еще горячей вулканической породе. Следовательно, потенциально цеолитсодержащими являются эффузивные и вулканогенно-осадочные породы. В этом отношении перспективными районами Прибайкалья являются:

1) Северное Прибайкалье, где в триасе происходили обширные излияния базальтов (сибирских траппов), а вслед за этим формировались толщи вулканогенно-осадочных пород;

2) Юго-Восточное Прибайкалье, где вулканические извержения происходили в доюрское время и в юрский периоды. Вулканы предположительно находились в горной области, располагавшейся на месте современного Байкала, Забайкалья и Восточного Саяна [1]. Вулканогенные процессы влияли на состав осадочного комплекса пород Юго-Восточного Прибайкалья с конца позднего протерозоя (венда).

Северное Прибайкалье

На территории Среднего Приангарья и всего Северного Прибайкалья широко распространены вулканогенные и осадочно-вулканогенные образования нижнего триаса (туфогенные образования, а также интрузивные породы формирования сибирских траппов) [3, 4].

На территории Среднего Приангарья ниже устья р. Кеуль широко распространена туфогенная толща пород корвунчанской свиты нижнего триаса (T1 kr). Корвунчанская свита в основной массе представлена грубообломочными вулканогенными породами, среди которых преобладают туфобрекчии и туфы, подчиненное значение имеют туфопесчаники. Туфогенная толща интенсивно насыщена обуглившимися, нередко цеолитизированными древесными остатками и цеолитами, которые в виде лучистых образований и сростков «ласточковых хвостов» выполняют пустоты и трещины.

Юго-Восточное Прибайкалье

Основной ареал цеолитсодержащих пород расположен недалеко от Иркутска и приурочен к Прииркутской впадине [1].

Венд. Первоначально осадочные породы венда относили к мотской свите нижнего кембрия, но в последние годы возраст пород был уточнен и принят как вендский. Вендские отложения в Прибайкалье выходят на поверхность в северной оконечности Олхинского плоскогорья, где венд представлен шаманской свитой. Шаманская свита (Všm) содержит обломки эффузивных пород (микрофельзиты, порфириды, липариты). В гидрослюдисто-хлоритовом цементе песчаников отмечаются цеолиты.

Юрский период на юго-востоке Прибайкалья характеризовался неоднократно вспышками вулканизма. Особая активность была характерна для ранне- и среднеюрского времени. Так, эффузивы в брекчиях и конгломератах низов черемховской свиты (J1čr) и в кудинской свите (J2kd) составляют до 70–80 % [1].

Нижнеюрские породы, содержащие цеолит-кремнистый цемент, встречаются в долине реки Ушаковка, в пади Широкая, в устье пади Топка и выклиниваются к с. Оёк.

В разрезе присаянской свиты (J1–2ps) отмечаются прослои туфоалевролитов, а в верхней части верхней подсвиты присутствует горизонт (до 10 м) цеолитсодержащих монтмориллонитовых туфоаргиллитов (туфов), которые выходят на поверхность в днищах логов и распадков, играя в толщах пород роль водоупоров. В головках источников они превращаются в характерную белую, вязкую массу. В районе горы Белая на небольшом плоском водоразделе (с абс. отм. 570 м) сохранились фрагменты мел-палеогеновой коры выветривания на песчаниках присаянской свиты (на слое туфоалевролитов). Продуктами выветривания являются каолинит (25–40 %), монтмориллонит (30–40 %) и цеолиты (8–9 %) [1].

Отложения кудинской свиты (J2kd), представлены в нижней подсвите конгломератами с эффузивами до 70–74 %, в верхней – туффитами и туфами. Они выходят на водоразделы Куда-Топка, Куда-Ушаковка, Ушаковка-Ангара, вскрываются по левобережью Иркутска и в дорожных выемках 8–11 км Качугского тракта. По внешнему виду туфы – это восковидные аргиллитоподобные породы светло серые с розовым или кремовым оттенком.

Породы продуктивных горизонтов представлены пепловыми туфами, туфоаргиллитами, реже туфоалевролитами и туфопесчаниками. Цеолитсодержа-

щие туфовые породы выходят на пологом водоразделе Ушаковка-Куда. Эти породы представляют собой тонкодисперсные глины.

Цеолиты в количестве до 8,5 % выявлены геологами [1] на 9 месторождениях («Белая Гора», «Жердовское» и другие). Кроме того, выявлено 18 проявлений цеолитсодержащих глин («Ушаковское», «Кудинское», «Малоеланское» и др.). На участке «Кудинский» содержание цеолитов варьирует от 3 до 40 %. Цеолиты тесно ассоциируют с глинистыми минералами группы монтмориллонита. Цеолитовые минералы представлены, главным образом, гейландитом, реже натролитом, анальцимом, ломонитом, жисмондитом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ НА ГАО КАТИНА ЩЕЛЬ

Пробы для проведения аналитических исследований были отобраны в рамках проекта спасательных археологических работ [5; 6] и предоставлены авторам сотрудниками НИЦ «Байкальский регион».

Геоархеологический объект «Катина Щель» расположен на вершине скалы с одноименным названием. Относительные отметки 66 м. Объектом исследования послужила почва, вскрытая на данном геоархеологическом объекте. По Классификации она определена как темно-гумусовая на продуктах выветривания цеолитсодержащих эффузивов триасового возраста.

Исследуемая почва имеет легкий гранулометрический состав, преимущественно супесчаный с небольшим утяжелением до легкого суглинка в нижней части профиля. Содержание физической глины колеблется в пределах 10–15 %, увеличиваясь в горизонте С до 28 %.

Реакция среды щелочная по всему профилю 7,3–7,4 в горизонте АU, постепенно увеличиваясь вниз по профилю до сильнощелочной (8,7–8,9) в нижней части погребенного горизонта [АУ] и в горизонте С. Содержание гумуса в верхней части профиля составляет 6,4–8,1 %. Вниз по профилю оно постепенно снижается до 0,6 %. Воднорастворимый кальций присутствует в значениях 4–6 мг-экв/100г, магния не больше 2 мг-экв. Почва не содержит карбонатов.

Было выявлено, что причиной очень высокого содержания обменного кальция (50–80 мг-экв/100 г) является присутствие цеолитов в составе почвообразующих пород и в почвенном минеральном субстрате.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В почвенном отношении Прибайкалье можно охарактеризовать, как малоисследованный регион. Более или менее изучены почвы только в наиболее сельскохозяйственно-освоенной южной лесостепной и степной части территории. Однако и здесь исследователи часто встречаются с почвами, не укладывающимися в рамки принятых классификаций.

В литературе по Прибайкалью отсутствуют сведения о почвах на цеолитсодержащих породах. Между тем, цеолитсодержащие породы имеют очень широкое распространение, и, несомненно, подобные породы должны оказывать влияние на ряд свойств почв, определяя их литологическую специфику. Это щелочная рН и высокое содержание обменных катионов.

Согласно необычным аналитическим показателям, исследуемую почву можно было бы отнести к «редким» почвам и на этом основании включить в Красную Книгу Почв. Однако, как показывают геологические материалы, на территории Прибайкалья находятся два обширных ареала распространения цеолитсодержащих пород: северный и юго-восточный. Можно было бы ожидать, что почвы, развитые на элюво-делювии и других дериватах цеолитсодержащих пород, будут отражать их литогенетическую специфику в первую очередь через такой показатель как необычно высокая емкость катионного обмена. Однако примеры подобных аналитических данных в почвенной литературе отсутствуют. Причина такого явления может быть в замалчивании необъяснимых данных. Не хотелось бы думать о возможной подгонке результатов анализов к общепринятым показателям.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 33.1637.2014/К Минобрнауки РФ.

Литература

1. Абрамович Г. Я., Поляков С. А., Сасим С. А. Геологическая съемка: учеб. -метод. пособие. Иркутск : Иркут. ун-т, 2005. 279 с.
2. Гедройц К. К. Избранные сочинения. Химический анализ почв / под ред. Н. П. Ремезова. М. : Сельхозгиз, 1955. Т. 2. 614 с.
3. Геологическая карта: N-48-XXXIII (Иркутск). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Издание второе. Ангарская серия, масштаб: 1:200000, серия: Ангарская / сост. Ковригина Е. К. ГФУГП Иркутскгеология, 1999.
4. Геологическая карта: O-48-VII. Геологическая карта СССР. Серия Ангаро-Ленская, масштаб: 1:200000, серия: Ангаро-Ленская / под ред. Крюкова А. В. Красноярское геологическое управление, 1968.
5. Посашкова Е. С. Первые стационарные исследования на местонахождении Катина щель в Северном Приангарье // Материалы LVI Российской археолого-этнографической конференции студентов и молодых ученых [Сибирская археология и этнография: вклад молодых исследователей] / Забайкал. гос. ун-т. Чита : ЗабГУ, 2016. С. 96–97.
6. Геоархеологические исследования на палеолитических объектах Северного Приангарья / Е. О. Роговской, С. А. Когай, В. М. Новосельцева, Е. Б. Ощепкова, А. А. Попов, С. П. Таракановский // Изв. Иркут. Гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. 2012. № 1 (1). С. 203–219.

SOIL ON ZEOLITE-CONTAINING ROCKS

Dambinova E. L., Vorobyeva G. A.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, knopa_pylit@mail.ru

In the study of soil properties of geoarchaeological object of Katina Crack (the middle Angara region, a region of filling of the Boguchansky water basin, 90 km to the north of Ust-Ilimsk) the authors obtained an unusually high content of exchangeable calcium (50–80 mEq/100 g). Such exchangeable calcium was first adopted for analytical error, because the soil was light loamy structure and a low content of humus, but re-determine the confirmed initial findings that led the authors to submit research to the search for the causes of this strange phenomenon. It was revealed that the cause of the very high content of exchangeable calcium (50–80 mEq/100 g) is the presence of zeolites in the composition of parent rocks and in soil mineral substrate.

НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА РОССИИ

В. Г. Двуреченский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru

Наиболее существенную генетическую и геохимическую информацию можно получить, определяя группы и фракции соединений железа, т. е. совокупность сходных по свойствам веществ, содержащих железо, которое может быть извлечено из почвы действием группового растворителя. Групповой и фракционный состав железа, особенности педохимии этого элемента позволяют определить характер внутрипочвенных процессов: биогенно-аккумулятивные, подзолообразование, буроземообразование и множество других. В бореальном поясе России внутрипочвенные процессы и стадии довольно четко диагностируются, так как данный пояс относится к гумидным районам. Можно считать, что железо является типоморфным элементом, определяющим геохимическую обстановку. Целью данной работы стало определение направленности почвообразования в техногенных ландшафтах железорудных месторождений расположенных в бореальном поясе России. Исследования проводились в 2014 г. на транспортных отвалах Одра-Башского железорудного месторождения и в 2013 г. на отвалах Елизаветинского железорудного месторождения. Возраст отвалов на момент исследований составлял 72 года.

Объектами исследования послужили почвы: фоновые бурая горно-таежная почва в Сибири и бурая лесная на Урале, и эмбриоземы, формирующихся на транспортных отвалах – эмбриозем инициальный, эмбриозем органо-аккумулятивный буроземоподобный, эмбриозем органо-аккумулятивный типичный, эмбриозем органо-аккумулятивный скрытоподзолистый. Тельбесский железорудный район расположен на юге Кемеровской области. Елизаветинское железорудное месторождение находится в черте г. Екатеринбурга на территории Уктусского массива ультраосновных пород, где имеются выходы мезозойской коры выветривания.

Железо подразделялось на формы и фракции, согласно классификации С. В. Зонна [5]. Определялось силикатное и несиликатное железо, а также его окристаллизованные и аморфные формы.

В техногенных экосистемах Сибири в составе почвенного покрова отмечаются эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные: типичные и буроземоподобные. В техногенных экосистемах Урала в составе почвенного покрова определяются эмбриоземы органо-аккумулятивные: типичные, буроземоподобные и скрытоподзолистые. Подтиповые особенности удалось определить, выявив ведущие почвообразовательные процессы с помощью анализа форм железа.

Эмбриоземы инициальные – тип почв, морфологическим признаком которых является примитивность (или отсутствие) профиля, которая обусловлена

неблагоприятными условиями почвообразования или лимитирующими факторами: высокая каменистость субстрата, склоновые и инсолируемые поверхности и др., что вызывает медленное преобразование субстрата отвала из-за отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов. Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития почв техногенных ландшафтов, в которых профиль еще не дифференцирован, но на поверхности уже присутствует типодиагностический горизонт, представляющий собой слои подстилки разной степени разложения.

Проведя валовой, групповой и фракционный анализы, были выявлены соотношения между различными формами железа, которые позволили детально определить некоторые свойства железа и поведение его в профилях изучаемых почв [2]. По соотношению силикатного железа к железу несиликатному определялась степень выраженности процессов выветривания (табл. 1, 2). На основании этого соотношения, на Одра-Башском и Елизаветинском месторождениях наиболее выветрелыми оказались профили эмбриоземов органо-аккумулятивных буроземоподобных. Наименее выветрелыми – профили эмбриоземов инициального и органо-аккумулятивного типичного на Одра-Башском месторождении и профиль эмбриозема органо-аккумулятивного скрытоподзолистого на Елизаветинском месторождении. Таким образом, степени выветрелости породы позволили определить относительную «молодость» почвообразования в эмбриоземах инициальном, органо-аккумулятивном типичном и органо-аккумулятивном скрытоподзолистом. В эмбриоземах органо-аккумулятивных буроземоподобных выветривание проходило и проходит с высокой интенсивностью, что говорит о достаточном времени (72 года) для преобразования минеральной части профиля.

По соотношению железа аморфного к железу валовому определялась степень подвижности железа. Чем подвижнее железо, тем интенсивнее проходят в почвах почвообразовательные процессы. По данному параметру наибольшей подвижностью обладает железо в эмбриоземе инициальном на Одра-Башском месторождении и в эмбриоземе органо-аккумулятивном скрытоподзолистом на Елизаветинском месторождении; наименьшей подвижностью – железо в эмбриоземах органо-аккумулятивных типичных, в которых отсутствует и дифференциация степени подвижности железа по профилю. Интенсивнее всего почвообразовательные процессы протекают в верхних горизонтах изучаемых почв. С глубиной процессы почвообразования замедляются по причине увеличения каменистости, отсутствия биогенного материала, изменению окислительно-восстановительных условий и другим причинам.

Таблица 1

Соотношение между различными формами железа в фоновой почве и в эмбриоземах
Одра-Башского железорудного месторождения

Гори- зонт	Глуби- на, см	Fe силикат- ное / Fe неси- ликатное, %	Fe аморф- ное / Fe валовое, %	Fe несили- катное / Fe валовое, %	Степень оксидогенеза	Fe аморф- ное / Fe не- силикат- ное, %
Разрез 1. Бурая горно-таежная почва						
A ₁	5–15	0,96	0,11	0,51	средняя	0,22
B _{m1}	15–55	1,32	0,14	0,43	умеренно низкая	0,34
BC	55–65	1,70	0,13	0,37	умеренно низкая	0,36
C	> 65	2,46	0,06	0,29	низкая	0,19
Разрез 2. Эмбриозем инициальный						
C ₁	0–18	1,47	0,36	0,41	умеренно низкая	0,90
C ₂	> 18	2,37	0,27	0,30	низкая	0,90
Разрез 3. Эмбриозем органо-аккумулятивный буроземоподобный						
A ₀ A ₁	1–3	0,38	0,13	0,72	высокая	0,18
C ₁	3–9	0,53	0,10	0,66	высокая	0,16
C ₂	9–45	0,85	0,06	0,54	средняя	0,11
C ₃	> 45	1,02	0,04	0,49	средняя	0,09
Разрез 4. Эмбриозем органо-аккумулятивный типичный						
A ₀ A _д	1–3	1,56	0,08	0,39	умеренно низкая	0,20
C ₁	3–23	1,89	0,07	0,35	низкая	0,20
C ₂	23–42	1,89	0,08	0,35	низкая	0,22
C ₃	> 42	2,30	0,06	0,30	низкая	0,21

Таблица 2

Соотношение между различными формами железа в фоновой почве и в эмбриоземах
Елизаветинского железорудного месторождения

Гори- зонт	Глубина, см	Fe силикатное / Fe несиликат- ное, %	Fe аморф- ное / Fe валовое, %	Fe несили- катное / Fe валовое, %	Степень оксидогенеза	Fe аморф- ное / Fe не- силикат- ное, %
Разрез 5. Бурая лесная почва						
A ₁	6–16	2,43	0,24	0,29	низкая	0,84
B ₁	16–27	3,73	0,17	0,21	очень низкая	0,79
B ₂	27–50	2,93	0,14	0,25	низкая	0,56
BC	50–>	6,15	0,16	0,28	низкая	0,57
Разрез 6. Эмбриозем типичный						
A ₀₂	3–7	1,81	0,09	0,36	умеренно низкая	0,26
C ₁	7–20	1,22	0,11	0,45	средняя	0,24
C ₂	>20	3,08	0,10	0,25	низкая	0,40
Разрез 3. Эмбриозем органо-аккумулятивный буроземоподобный						
A ₀	0–4	2,74	0,18	0,27	низкая	0,67
C ₁	4–20	2,48	0,13	0,31	низкая	0,40
C ₂	>20	3,63	0,12	0,22	очень низкая	0,57
Разрез 4. Эмбриозем органо-аккумулятивный скрытоподзолистый						
A ₀	0–5	0,51	0,15	0,66	высокая	0,22
C ₁	5–10	0,67	0,23	0,60	умеренно высокая	0,38
C ₂	>2	1,74	0,16	0,36	умеренно низкая	0,45

Оксидогенез – это широко распространенный ландшафтно-геохимический процесс образования и накопления в почве оксидов железа, ярко проявляющийся в молодых почвах [3]. Чтобы узнать степень развития оксидогенеза, было определено соотношение железа несиликатного к железу валовому. На основании этого выявлено, что высокая степень оксидогенеза проявляется в верхних горизонтах эмбриозема органо-аккумулятивного буроземоподобного на Одра-Башском месторождении и в верхних горизонтах эмбриозема органо-аккумулятивного скрытоподзолистого на Елизаветинском месторождении. В бурой горно-таежной почве, формирующейся в бореальных условиях Сибири, в горизонте A_1 степень оксидогенеза средняя, с переходом к умеренно-низкой степени в средней части профиля и к низкой в горизонте BC; в бурой лесной почве, формирующейся в условиях Среднего Урала во всех горизонтах степень оксидогенеза низкая с переходом к очень низкой. В бореальном поясе оксидогенез, скорее всего, развивается за счет высвобождения железа из состава силикатов. Чем больше оксидов железа высвобождается, тем больше образуются их аморфные и слабоокристаллизованные формы, а, значит, интенсивней протекают процессы, в которые включаются органические вещества почв и высокодисперсные глинистые минералы.

По соотношению железа аморфного к железу несиликатному был определен критерий Швертмана, который показывает степень кристаллизации свободных оксидов и гидроксидов железа. На основании данного критерия, выявлено, что наибольшей кристаллизации подвержены подвижные оксиды и гидроксиды железа в эмбриоземе инициальном и, в чуть меньшей степени, в бурой горно-таежной почве. Дифференциация кристаллизации (снижение вниз по профилю) отмечается в бурой горно-таежной почве и эмбриоземах органо-аккумулятивных буроземоподобных. Степень кристаллизации увеличивается от верхних горизонтов к нижним в эмбриоземах органо-аккумулятивном типичном и органо-аккумулятивном скрытоподзолистом на Елизаветинском месторождении. При увеличении влажности и тепла, а также в анаэробных условиях сильноокристаллизованные формы железа переходят в слабоокристаллизованные и, далее, в аморфные формы. При усилении аэрации, уменьшении влажности аморфные формы железа снова кристаллизуются.

Формы железа, являясь индикаторами почвообразования, отражают почвообразовательные процессы и определяют те из них, которые протекают в почвах бореального пояса России. Фоновым почвообразовательным процессом в нарушенных экосистемах под вторичными смешанными лесами является буроземообразование. Исследования показали, что в почвах техногенных ландшафтов бореального пояса четко прослеживается фоновый характер направленности процессов почвообразования. Известно, что техногенный ландшафт в горно-таежных экосистемах входит в эоклин через 10–12 лет с момента образования [1], с формированием в конечном итоге эмбриоземов гумусово-аккумулятивных. Тем не менее, в ходе развития техногенной экосистемы, после 72 лет в ее почвенном покрове отсутствуют дерновые и тем более гумусово-аккумулятивные эмбриоземы. Развитие почвенного покрова определяется факторами и условиями почвообразования, сложившимися в техногенных ланд-

шафтах. Поэтому, в структуре почвенного покрова в данный момент времени преобладают эмбриоземы органо-аккумулятивные и инициальные. Пока не изменятся условия, либо факторы почвообразования, почвенный покров останется без изменений. На данном этапе формирования ландшафта в эмбриоземах органо-аккумулятивных происходят подтиповые изменения, которые удалось определить с помощью исследований группового и фракционного состава железа.

Так как в техногенных ландшафтах бореального пояса восстановление биоценоза происходит по зональному типу, с образованием вторичных листовых лесов и, в конечном итоге, черневой тайги, то эволюция почв тоже должна идти по зональному типу. При благоприятных условиях, учитывая тот факт, что почвообразование происходит по типу буроземообразования, формируются эмбриоземы органо-аккумулятивные буроземоподобные [4]. Учитывая это, до образования черневой тайги в почвенном покрове отвалов Одра-Башского железорудного месторождения предполагается наличие инициальных и органо-аккумулятивных типов эмбриоземов, с преобладанием подтипа буроземоподобных; в почвенном покрове отвалов Елизаветинского железорудного месторождения – наличие всех подтипов эмбриозема органо-аккумулятивного, в том числе и скрытоподзолистого. В кислой среде роль железа в почвообразовании значительно увеличивается. Органические кислоты интенсивно разрушают минералы и способствуют усилению подвижности железа, вследствие чего происходит обогащение толщи активного почвообразования (верхних горизонтов) SiO_2 , величина которого диагностирует направленность и степень проявления подзолообразовательного процесса. Скорее всего, в будущем, подзолообразовательный процесс проявится ярче, так как зональные условия способствуют данному процессу, тем более зональными почвами под черневой тайгой Сибири считаются дерновые глубокоподзолистые почвы; под тайгой среднего Урала – дерново-подзолистые почвы.

Литература

1. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
2. Водяницкий Ю. Н. Соединения железа и их роль в охране почв. М. : ГНУ Почв. ин-т им. В. В Докучаева РАСХН, 2010. 139 с.
3. Глазовская М. А. Природные ландшафтно-генетические процессы и их проявление на территории СССР // Вестн. МГУ. Сер. География. 1988. № 5. С. 3–9.
4. Двуреченский В. Г. Использование группового и фракционного состава железа для диагностики процессов почвообразования и эволюции почв техногенных ландшафтов горно-таежного пояса Кузбасса // Вестн. Том. гос. ун-та. 2015. № 393. С. 237–243.
5. Зонн С. В. Железо в почвах. М. : Наука, 1982. 208 с.

ORIENTATION OF SOILGENESIS IN TECHNOGENIC TCOSISTEM OF THE BOREAL ZONE OF RUSSIA

Dvurechensky V. G.

Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB of the Russian Academy, dvu-vadim@mail.ru

The direction of soil formation on piles of overburden and host rocks of iron ore deposits of the boreal zone of Russia has its own specifics, due to content in the rocks that form the blades, iron, climate characteristics, topography and biocenosis mountain taiga zone. Indicator ability of iron, expressed in its quantity, the ratio of different shapes and fractions, their distribution in the soil profile, despite the relative «youth» of soil, allowed us to determine trends in the development of soil disturbed person territories.

ТЕМНОГУМУСОВЫЕ ОСТАТОЧНО ГЛЕЕВЫЕ ПОЧВЫ СКЛОНОВ СЕВЕРНЫХ УВАЛОВ НА ВОСТОКЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ, СФОРМИРОВАННЫЕ НА ГЛИНИСТОМ ЭЛЮВИИ ОТЛОЖЕНИЙ ТРИАСОВОГО ВОЗРАСТА; ИХ СВОЙСТВА И ГЕНЕЗИС В СВЯЗИ С ПОДНЯТИЕМ ТЕРРИТОРИИ В ГОЛОЦЕНЕ

Иванов А. В., Степанов А. А., Демянчук А. В.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, факультет почвоведения,
Москва, anton.soil@mail.ru

Изучены почвы склонов Северных Увалов на востоке Костромской области, приуроченные к выходу на поверхность глинистого элювия триаса в результате циклов неоднократных поднятий и денудации территории в плейстоцене. В связи с тем что большинство участков характеризуемых почв представлены агроземами изучение их свойств, а также установления генезиса и классификационного положения вовлеченной в распашку исходной почвы проводилось на серии разрезов, расположенных по трансекте вдоль склона, охватывающей агрозем и прилегающие целинные участки под растительным покровом и краевой частью темнохвойного леса. Во всех случаях эти участки находятся в пределах глинистых отложений триаса. Для морфологии почв всех разрезов характерна система органо-аккумулятивного или пахотного и подстиляющего глееватого минерального горизонтов. Гранулометрический состав почв глинистый и тяжелосуглинистый. При нейтральной, в нижних горизонтах слабощелочной реакции среды все почвы отличаются значительной (до 45 мг/экв.) величиной содержания суммы поглощенных оснований, что связано с резким (до 94 %) преобладанием в составе минералов илистой фракции минералов смектиновой группы (по результатам рентген-дифрактометрического анализа). При содержании гумуса в органо-аккумулятивных горизонтах целинных участков 7–8 %, достаточно высоко содержание гумуса (3,5 %) и в пахотном горизонте агрозема. Это связано с включением фрагментов органо-аккумулятивного горизонта в пахотный, что подтверждается результатами микроморфологического изучения в шлифах. Определение содержания углерода и азота обнаружило значительную долю последнего и, соответственно, низкую величину C/N, что свидетельствует о гидроморфной природе органического вещества. Изучение группового и фракционного состава гумуса установило во всех случаях фульватно-гуматный состав с величиной $S_{гк}/C_{фк}$ 1,55, что обычно для дерново-глеевых почв. Приведенные данные свидетельствуют о гидроморфном режиме образования почв, не адекватном современным условиям. Об этом четко свидетельствует существование продуктивного разнотравного ельника, под пологом которого наблюдается темно-гумусовый гидроморфной природы органо-аккумулятивный горизонт. Это несоответствие вполне объяснимо существую-

щей концепцией о поднятии территории Северных Увалов в голоцене, наблюдаемом и в настоящее время. Изученные почвы по исходному генезису могут быть отнесены к темно-гумусовым почвам отдела глеевых почв. Однако, отсутствие у них в профиле свойственного почвам этого отдела горизонта G и признаков оглеения в верхней части профиля дает основание предложить отнесение их к типу темно-гумусовых остаточно глеевых отдела глеевых почв, отсутствующему в Классификации почв России.

**UMRISOLS DEVELOPED ON ELUVIUM TRIASSIC SEDIMENTS ON THE SLOPES OF THE
"SEVERNYYE UVALY" IN THE EAST OF KOSTROMA REGION.**

Ivanov A. V., Stepanov A. A., Demyanchuk A. V.

Lomonosov Moscow State University, faculty of soils science, Moscow, Russia.

We studied umbrisols developed on Triassic deposits of eluvium, the bulk of which represented anthrosols with rich humus arable horizons. The virgin areas covered with vegetation characterized by a profile of dark humus organic-accumulative and the underlying mineral horizons. All soils have a neutral or slightly alkaline pH and high content of absorbed bases due to the predominance of smectite phase in the mineralogical composition of fraction less than 0,001 mm. Determination of carbon and nitrogen content reveals a high proportion of the latter and low value of the ratio, which is typical for gylomorphic conditions in connection with the rise of the territory during the Holocene.

ГУМУС ОРОШАЕМЫХ АГРОЗЕМОВ КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ

Каллас Е. В., Спирина В. З.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
lkallas@sibmail.com

В условиях Кулундинской степи, расположенной в зоне каштановых почв и отличающейся ярко выраженной засушливостью климата, получать высокие устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур без применения оросительной мелиорации практически невозможно. Ирригация, как любой другой мелиоративный прием, оказывает воздействие на химические, физико-химические и биологические свойства почв, а также их гумусное состояние и определяет эволюционную направленность почвообразовательных процессов на агрогенной стадии развития, часто отличную от таковой для почв, не испытывающих агрогенных нагрузок.

Цель данной работы – оценка влияния оросительных мелиораций на групповой и фракционный состав гумуса и гумусное состояние почв Кулундинской степи.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили агроземы текстурно-карбонатные, формировавшиеся на целинной стадии развития по типу каштановых почв в условиях равнинного рельефа, континентального сухого климата (коэффициент увлажнения 0,33), на карбонатных породах древнеаллювиального генезиса, под разнотравно-полынно-злаковой растительностью.

Общие химические и физико-химические свойства почв изучались по общепринятым методикам [1]. Групповой и фракционный состав гумуса определялся по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [9].

Результаты и их обсуждение

Исследованные почвы, согласно «Классификации и диагностике почв России» [6], относятся к типу агроземов текстурно-карбонатных, подтипу типичных, роду карбонатсодержащих. По мощности агропреобразованного горизонта Р они соответствуют виду среднепахотных, по гранулометрическому составу – разновидности легкосуглинистых почв. По морфологическим признакам изученные почвы отличаются от целинных каштановых почв Кулунды более глубоким залеганием карбонатов (60–82 см) и повышенной плотностью иллювиальных горизонтов. Это, вероятно, обусловлено длительными и интенсивными поливами способом дождевания, сопровождающимися выщелачиванием солей, вымыванием тонкодисперсных частиц в более глубокие горизонты и, возможно, некоторым осолонцеванием.

Исследованные агроземы отличаются невысокими содержаниями в агропреобразованной части профиля гумуса (2–3 %), валового азота (0,12–0,24 %) и фосфора (0,10–0,17 %). Максимальное количество карбонатов приурочено к го-

ризонтам B_{2Ca} и BCa (90–130 см), где составляет 11–20 %. Засоление отсутствует, величина сухого остатка водной вытяжки не превышает 0,12 %. Реакция почвенного раствора в верхней бескарбонатной части профиля нейтральная (pH 7,0–7,1), в нижней карбонатной – щелочная (pH 8,1–8,3). В составе ППК преобладает кальций (13–21 мг·экв/100 г почвы) при сумме $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ 20–23 мг·экв/100 г. Распределение поглощенных катионов по профилю коррелирует с содержанием илистой фракции и гумуса. Более подробная характеристика химических и физико-химических свойств исследованных почв дана в работе [5].

С целью оценки гумусного состояния орошаемых агроземов был определен качественный состав гумуса. Прежде чем обсуждать полученные результаты, следует остановиться на краткой характеристике гумуса целинных аналогов исследованных почв. В целом для каштановых почв Кулунды отмечается преобладание гуминовых кислот над фульвокислотами, доминирование во фракционном составе гуматов кальция (фракция ГК-2) на фоне незначительных долей свободных и непрочно связанных с полуторными оксидами бурых гуминовых кислот (фракция ГК-1), прочносвязанных с высокодисперсными минералами гуминовых кислот (фракция ГК-3) и свободных фульвокислот (фракция ФК-1а).

В целинных каштановых почвах доля гуминовых кислот в составе гумуса верхних горизонтов составляет 15–34 % от $C_{общ}$, иногда снижаясь до 11 %. Отношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ в гумусо-аккумулятивных горизонтах превышает единицу (1,2–1,6) и снижается с глубиной до 0,4–0,8, в связи с чем тип гумуса изменяется от фульватно-гуматного и гуматного до фульватного. Содержание фракции ГК-1 очень мало или этот компонент гумуса отсутствует полностью, доля фракции ГК-3 изменяется в пределах от 3–5 до 10–12 % от общего углерода. Доминируют черные гуминовые кислоты – гуматы кальция. Доля свободных, так называемых «агрессивных», фульвокислот фракции 1а не превышает 5–8 %.

В составе гумуса исследованных агроземов отмечаются как черты сходства с целинными почвами, так и черты различий. Последние, скорее всего, связаны с агрогенным воздействием и, в большей степени, с орошением. Ниже характеризуется групповой и фракционный состав гумуса орошаемых агроземов, в таблице 1 приведены аналитические данные для одного из представителей объектов исследования – агрозема, вскрытого разрезом 3–14 на чистом пару (предшественник кукуруза) в 3,5 км на северо-запад от села Гришковка (Алтайский край, Немецкий национальный район).

В групповом составе гумуса верхней 50–60-см толщи почв, включающей пахотный, подпахотный слои и горизонт B_1 , преобладают гуминовые кислоты, вследствие чего отношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ больше единицы (1,12), тип гумуса фульватно-гуматный. В составе гуминовых кислот доминируют гуматы кальция, доля их изменяется в верхней 65-см толще в пределах 20–25 % от $C_{общ}$ при отсутствии этого компонента гумусовых веществ в горизонтах BCa и SCa , что в целом характерно для почв степного типа почвообразования [4]. Специфичной чертой гумуса орошаемых агроземов является относительно высокая доля бурых гуминовых кислот (фракция ГК-1), достигающая 18 %, и свободных фульвокислот фракции 1а (4–18 % от общего углерода), а также фульвокислот, связанных с гуминовыми кислотами первой фракции (11–23 %), что более свой-

ственно почвам гумидных ландшафтов и не присуще сухостепным каштановым почвам. Эти особенности, скорее всего, обусловлены влиянием повышенного увлажнения, связанного с систематическими поливами на протяжении многих лет.

Таблица 1

Состав гумуса агрозема типичного карбонатсодержащего среднепахотного
глубококарбонатного легкосуглинистого

Горизонт, глубина, см	С _{общ} , %	Гуминовые кислоты, % от С _{общ}				Фульвокислоты, % от С _{общ}					НО, % к С _{общ}	С _{ГК} / С _{ФК}
		1	2	3	сумма	1a	1	2	3	сум- ма		
P 0–25	1,51	11,9	20,5	5,3	37,7	4,6	23,2	1,3	4,6	33,7	28,6	1,12
P _{п/п} 25–35	1,02	16,7	23,3	5,6	45,6	10,8	20,2	2,0	7,7	40,7	13,7	1,12
B ₁ 55–65	0,39	18,1	25,6	3,1	46,8	10,5	18,8	5,6	7,1	42,0	11,2	1,11
B _{2Ca} 85–95	0,18	17,8	22,2	0,0	40,0	13,9	16,7	5,1	7,4	43,1	16,9	0,93
B _{2Ca} 105–115	0,17	11,8	17,6	0,0	29,4	17,1	10,8	11,8	8,8	48,5	22,1	0,61
BC _{Ca} 125–135	0,12	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3	14,0	11,7	8,3	52,3	47,7	0,00
C _{Ca} 145–155	0,07	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	15,7	12,8	11,4	58,5	41,5	0,00

Обращает на себя внимание довольно высокая доля гуминовых кислот в целом, что редко встречается в научной литературе при описании гумуса каштановых почв. Однако в работе Е. И. Ковалевой [7], изучавшей аналогичные почвы в Кулундинской степи, также приведены высокие величины для этого компонента системы гумусовых веществ (43 % от С_{общ}). Кроме этого, автор указывает и на низкие доли негидролизующихся форм гумуса, что отмечается и в исследованных нами почвах. Вероятно, дополнительное увлажнение увеличивает подвижность (растворимость) гумусовых веществ, что и приводит к возрастанию в составе гумуса доли гидролизующихся компонентов.

Для оценки гумусного состояния орошаемых агроземов Кулундинской степи использована система показателей, предложенная Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым [2] и впоследствии уточненная Д. С. Орловым, О. Н. Бирюковой и М. С. Розановой [8].

Одни из важнейших показателей гумусного состояния почв является содержание гумуса. В исследованных агроземах этот показатель характеризуется низким уровнем (табл. 2). Степень гумификации органических веществ показывает долю гумусовых веществ в составе органического вещества почв. По мнению Л. А. Гришиной [3], наиболее целесообразно определять степень гумификации по доле гуминовых кислот. Для исследованных почв этот показатель оценивается как высокий.

По гуматно-фульватному отношению гумус в агропреобразованном горизонте относится к типу фульфатно-гуматного, а в нижних слоях профиля – гуматно-фульватного.

Таблица 2

Показатели гумусного состояния исследованных агроземов

Признак	Горизонты						
	Р 0–25 см	Р _{п/п} 25–35 см	В ₁ 55–65 см	В _{2Ca} 85–95 см	В _{2Ca} 105–115 см	ВС _{Ca} 125–135 см	С _{Ca} 145–155 см
Содержание гумуса, %	2,60	1,76	0,67	0,31	0,30	0,20	0,12
	низкое	очень низкое					
Степень гумификации органического вещества	37,7 высокая	45,6 очень высокая	46,8 очень высокая	40,0 высокая	28,4 средняя	–	–
Тип гумуса С _{ГК} :С _{ФК}	фульватно-гуматный			гуматно-фульватный		–	–
Содержание «свободных» ГК, % к сумме ГК	31,6	25,6	38,6	44,5	41,4	–	–
	низкое			среднее			
Содержание ГК, связанных с Са, % к сумме ГК	54,4	51,2	54,8	55,6	62,1	–	–
	среднее				высокое		
Содержание прочносвязанных ГК, % к сумме ГК	14,0	12,3	6,6	–	–	–	–
	среднее		низкое				
Содержание негидролизуемого остатка, % к С _{общ.}	28,6	13,7	11,2	16,9	22,1	47,7	41,5
	низкое					среднее	
Обогащенность азотом, С:N	6,5	7,3	3,2	–	–	–	–
	очень высокая						

В исследованных почвах содержание свободных гуминовых кислот оценивается как низкое, гуматов кальция как среднее. Содержание прочносвязанных с минералами гуминовых кислот характеризуется средним уровнем.

Закключение. В орошаемых агроземах Кулундинской степи выявлены специфичные черты качественного состава гумуса, выраженные в повышенных долях бурых гуминовых кислот, фульвокислот в целом, свободных их форм (фракция ФК-1а) и связанных с гуминовыми кислотами первой фракции (ФК-1). Напротив, содержание негидролизующихся компонентов гумуса низкое, что свидетельствует о высокой подвижности (растворимости) системы гумусовых веществ. Указанные особенности обусловлены, скорее всего, влиянием активно применяемой на данной территории оросительной мелиорацией. Дополнительное увлажнение, вероятно, активизирует процесс новообразования бурых гуминовых кислот и активизирует их миграцию (в связи с увеличением щелочности) в более глубокие горизонты профиля. В целом орошение не привело к существенной трансформации гумусного состояния почв, поскольку направленность

гумусообразовательного процесса сохраняется, выявляются лишь незначительные количественные изменения в перегруппировке фракций гумуса.

Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
2. Гришина Л. А., Орлов Д. С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. М. : Наука, 1978. С. 42–47.
3. Гришина Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М. : Изд-во МГУ, 1986. 244 с.
4. Каллас Е. В., Дергачева М. И. Гумусовые профили почв Сибири разных условий почвообразования // Сиб. экол. журн. 2011. № 5. С. 633–640.
5. Каллас Е. В., Шнякина Е. Ю. Направленность изменений свойств и гумусного состояния в орошаемых агроземах Кулундинской степи // Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова : материалы Всерос. науч. конф. 28–29 сент. 2010 г. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2011. С. 295–299.
6. Классификация и диагностика почв России / сост.: Л. Л. Шишлов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Ковалева Е. И. Изменение гумуса сухо-степных почв во времени при орошении : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 1997. 19 с.
8. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
9. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 106 с.

HUMUS IRRIGATED AGROZEMS KULUNDA STEPPE

Kallas E. V., Spirina V. Z.

National research Tomsk state University, Tomsk, lkallas@sibmail.com

Group and fractional composition of humus irrigated agrozemov Kulunda Steppe are considered. Specific features of the qualitative composition of humus are identified. It is shown that the proportion of brown humic acids in the humus of studied soils is higher than in the similar natural soils. Content of fulvic acids in general, their free forms and fulvic acids, associated with humic acids fraction 1, are high in the agrozems. The content of not-hydrolyzed (insoluble) forms of humus is low. This indicates a high mobility system of humic substances. These features of humus due to the influence of irrigation melioration. Humus soil condition is evaluated low humus content and a high degree of humification. Type of humus in the upper layer of soil is fulvate-humate, in the lower horizons – humate-fulvate. The content of free humic acids evaluated as a high, content of calcium humate – as average. The content of humic acid, strongly associated with minerals, has an average level.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЙМЕННЫХ «ГАЖЕВЫХ» ПОЧВ ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ

Киселева Н. Д., Яковлева С. А.

Иркутский государственный университет, Иркутск, nata_kis71@list.ru

На территории Иркутской области засоленные почвы имеют не значительное распространение, особое место среди них занимают своеобразные гипсовые почвы, с разными формами гипсовых новообразований, от гипсового камня до мелкокристаллических мучнистых отложений. Мелкокристаллические мучнистые гипсовые отложения в литературе принято называть «гажей», они являются уникальными образованиями, аналоги которых встречаются только в сухих субтропических районах Испании и в ряде штатов Северной Америки и в нескольких регионах России и Закавказья. В настоящее время о генезисе «гажевых» отложений в литературе нет единого мнения [6–8; 11]. Впервые исследование этих почв на территории Южного Приангарья Иркутской области провел Ш. Д. Хисматуллин в 50-е годы XX века. После заполнения Братского водохранилища описанные им почвы оказались в зоне затопления.

«Гажевые» почвы Южного Приангарья представляют собой рыхлую мучнистую породу позднечетвертичного возраста, белесовато-палевого цвета, и встречаются лишь на тех частях территории, где широко распространены гипсоносные породы кембрия. В поле сплошного распространения юры «гажевые» отложения не обнаружены. Отсюда можно сделать вывод, что «гажа» образовалась в результате процессов выветривания и переотложения продуктов выветривания гипсоносных пород кембрия [7; 11]. В составе ее преобладает мелкокристаллический гипс (от 30 до 90 %) с примесью глинистых материалов и карбоната кальция. В более или менее значительных количествах в «гаже» могут присутствовать легкорастворимые соли (от 1,5 до 3–4 %) [11].

Происхождение «гажевых» отложений Приангарья происходило следующим образом: На месте современных рек Унги, Осы, Иды, Куды и их притоков ранее текли реки более полноводные, которые и разработали широкие долины с четко выраженными террасами. Затем, в связи с изменением климата в сторону ксерофитизации, а возможно даже в результате изменения базиса эрозии, часть речных долин, которые мы в настоящее время принимаем за первую надпойменную террасу, вышли из-под воздействия речных вод. На этих участках начался процесс почвообразования. Судя по погребенным почвам, подстилающим «гажу», это были почвы болотные, пойменные и луговые. В дальнейшем, в результате изменения климата в сторону увлажнения, обусловленного, по-видимому, таянием ледников, произошло повышение уровня воды в реках, в связи, с чем пойменные террасы были вновь затоплены. Таким образом, в расширенных местах речных долин образовались полупротоchnые озеровидные водоемы. В этот период интенсивно протекал процесс выветривания и размывания кембрийских гипсоносных пород. Наиболее подвижные продукты вывет-

ривания (гипс в легкорастворимые соли) делювиальными потоками сносилась в речные долины, а менее растворимые продукты (мелкозем, полутонные окислы, известь) выпадали в осадок, не достигая пониженных частей речных долин. Такому распределению продуктов выветривания способствовало наличие значительных уклонов местности. На днищах речных долин в этот период существовали полупроточные водоемы, в которых и происходило образование «гажи» как в результате садки гипса из растворов, так и осадения его взвесей. Более растворимые соединения (NaCl , Na_2SO_4 и др.), в силу своей подвижности, мигрировали дальше – в реки и океан [10; 11].

В настоящее время условия почвообразования во многом определяются условиями климата и геологической обстановкой. В геологическом строении Приангарья принимают участие осадочные породы кембрия и перекрывающие их юрские и четвертичные отложения, причем верхнекембрийские отложения занимают подавляющую часть площади и играют чрезвычайно большую роль в почвообразовании. Они представляют собой красноватые известковистые песчаники, переслаиваемые красными мергелями, глинами, аргиллитами и гипсом. Реже, в виде маломощных прослоек, встречаются зеленоватые песчаники и аргиллиты. Напластования всех этих пород располагаются почти горизонтально.

Верхнекембрийские породы – это отложения мелководного моря или даже лагунные. В период их образования происходило временное осушение отдельных участков территории, обо всем этом свидетельствует солонцеватость, гипсоносность пород, наличие трещин усыхания, волноприбойных знаков, косой слоистости [12]. На соседней суше, откуда сносился материал, образовался осадок верхоленской свиты. Климат был жаркий и полусухой. Суша представляла собой пустыню, лишенную растительности. Вследствие этого кора выветривания была обогащена красными маловодными или совсем безводными окислами железа, что и обусловило красную окраску верхнекембрийских отложений, мощность которых в настоящее время в Иркутском амфитеатре (во внутреннем поле) составляет от 190 до 290 м. Наиболее богатые гипсом отложения расположены на левобережье Ангары, на территории. Коренные осадочные кембрийские породы прикрыты маломощными аллювиальными и элювиально-делювиальными четвертичными наносами, представляющие собой неслоистые суглинистые или слоистые песчано-супесчаные отложения, аналогичные современным пойменным. Большинство современных аллювиальных отложений содержит углекислую известь, гипс и воднорастворимые сульфаты и хлориды. На четвертичных аллювиальных наносах залегают «гажевые» отложения [3; 12].

Общий характер рельефа территории исследования холмисто-равнинный, это обусловлено, главным образом, водно-эрозионными процессами, создавшими расчленение поверхности многочисленными глубокими долинами и ложбинами. Долины имеют характер теснин, пойма нередко слабо выражена. Ширина водораздельных поверхностей между отдельными ложбинами иногда бывает очень незначительной, колеблясь в пределах 2–5 км [2]. Специфической особенностью климата Приангарья является малое количество осадков и преобладание испаряемости над поступлением влаги с осадками, поэтому господствующий тип водного режима – непромывной, сменяющийся в сухой сезон

года выпотным[2]. Основные водные ресурсы района сосредоточены в бассейне рек Ангары и Унги. Лесостепь же является одним из самых дефицитных районов Иркутской области. Растения, произрастающие на территории Приангарья на гипсоносных почвах, относятся к галофитам. Они развиваются в условиях засушливого климата и слабого притока минерализованных грунтовых вод.

Объектом исследования послужили пойменные почвы на «гажевых» отложениях на территории Южного Приангарья, имеющие в своем почвенном профиле гипс. Для изучения морфологических особенностей и физико-химических характеристик пойменных «гажевых» почв, образованных на верхнекембрийских отложениях, в низких поймах и по береговым обнажениям левых притоков реки Ангары (реки Унга, Залари, Тангутка, Харётка) было заложено 7 разрезов. Для выявления химических особенностей проведены стандартные анализы по общепринятым методикам [1], и проведены мезоморфологические исследования.

В профилях почв, расположенных в поймах рек (Р1Х13 –Светлогумусовая гидрометаморфичекая; Р5Н09 –Темногумусовая засоленная; Р1Н10 –Чернозем текстурно-карбонатный [4, 5]) выявлены общие морфологические признаки: почва увлажнена, уплотнена, имеют слоистость в верхних горизонтах, по всему профилю наблюдается вскипание от 10 % HCl. В этих почвенных профилях имеются новообразования в виде отмытых зерен минералов, а также присутствуют карбонатные и гипсовые новообразования, которые проявляются в виде кристаллов гипса. Клеящим веществом почвенных агрегатов служит гумус, корни трав, карбонаты и иловатые вещества, также имеются включения ракушек моллюсков разного размера. Все разрезы оглеены в нижней части профиля, кроме Р1Н10, он не оглеен и отличается окраской всего почвенного профиля.

В разрезах заложенных на береговом обнажении рек (Р7У13– Черноземовидная глеевая; Р1Т14–Светлогумусовая засоленная; Р2Т14–Солончак темный; Р3Т14–Аллювиальная серогумусовая глеевая засоленная [4; 5]) выявлены следующие общие признаки: присутствие погребенных гумусовых горизонтов; окраска профиля от светло-серой, до темно-серой в местах скопления новообразований карбонатов и гипса, и буроватые оттенки по остальным горизонтам; признаки оглеения в нижних слоях профиля; присутствие «гажевых» отложений в верхней части профиля различной мощности; и наличие в некоторых слоях ракушек моллюсков.

Реакция почвенного раствора по всем разрезам варьирует от слабощелочной до щелочной. Только в разрезе Р3Т14 на глубине 90–120 см значение актуальной кислотности водной суспензии составляет 6,6.

Почти все исследуемые почвы можно отнести к среднегумусовым, так как процентное содержание гумуса колеблется от 1,26 до 6,64 %. Содержание гумуса в верхних горизонтах максимально. И только почвенный профиль Р1Н10 относится к малогумусовому, об этом свидетельствует процентное содержание гумуса, значения которого варьируют от 0,4 до 3,0, с максимальным содержанием на глубине 10–20 см. Столь малое содержание органического вещества объясняется тем, что в 200 метрах от заложенного разреза находится сероводородный источник «Нукутская Мацеста». Негативное воздействие сероводорода

ведёт к угнетению растительности, почвенной фауны, следовательно, накопление больших запасов гумуса не возможно.

Содержание карбонатов в разрезах варьирует от 2,12 % до 22,75 %. При таком значении происходит образование стабильных крупнопористых почвенных агрегатов белёсого цвета. Однако, в почвенном профиле разреза 2Т14 крио процентное содержание карбонатов на глубине 100–120 см, 170–250 см, достигает нуля, а в промежутке 120–170 см от 1,6 до 0,45 %, такое процентное содержание карбонатов, говорит о вымывании карбоната по криогенной трещине из-за рыхлости вмещающего субстрата.

Исходя, из результатов анализа водной вытяжки можно сделать вывод, что главную роль в засолении данных почв играет ион кальция и сульфат-ион, другие ионы содержатся в меньшем количестве, следовательно, преобладающий тип засоления в почвах Южного Приангарья – по анионам сульфатный, по катионам – кальциевый. Исключением является Р1Н10, здесь главную роль в засолении играет ион натрия и сульфат-ион, это значит, что тип засоления по катионам – натриевый, по анионам – сульфатный. При сульфатном засолении, если ион кальция меньше, чем сульфат-ион, то засоление считается гипсовым. Так как сульфат-ион является преобладающим, можно сказать о том, что в почвах Южного Приангарья натриевое засоление имеет остаточный реликтовый характер. По величине сухого остатка почвы относится к сильнозасоленным, до 2,75 %.

Результаты статистической обработки (табл. 1) массовых данных уровня рН водной суспензии в почвах дают нам представление о профильном распределении кислотности. Величина среднего содержания Ме для каждого слоя является обобщенной, она показывает, что уровень рН с глубиной не изменяется и остается постоянным.

Показатели Max и Min уровня рН обнаруживают ту же динамику. Самый высокий уровень рН характерен для горизонта, который находится на глубине 100–110 см. Самое большое стандартное отклонение от средней величины находится на той же глубине, соответственно среднее значение уровня рН не обладает изменчивостью ряда.

Из результатов статистической обработки (табл. 2) массовых данных содержания карбонатов в почвах видно, что величина среднего содержания Ме карбонатов с глубиной уменьшается (от 12,30 до 6,50 %).

Самый высокий показатель содержания карбонатов характерен для горизонта, который находится на глубине 80–90 см (22,75 %), а самый низкий показатель на глубине 100–120 см и 170–200 см, содержание карбонатов на этих глубинах достигает 0. Самое большое стандартное отклонение от средней величины находится на глубине 180–190 см. Можно сказать о том, что среднее значение карбонатов обладает сильной изменчивостью ряда.

Таблица 1

Статистическая характеристика уровня pH в почвах

Горизонт	Среднее	Медиана	Min	Max	D	Стандартное отклонение	Вариационный коэффициент
0–10	7,90	7,95	6,90	8,80	0,37	0,61	4,68
10–20	7,79	7,85	6,80	8,80	0,62	0,79	7,96
20–30	7,85	7,85	7,00	8,60	0,42	0,65	5,35
30–40	7,97	8,10	7,25	8,80	0,30	0,55	3,76
40–50	7,92	7,85	7,25	8,70	0,32	0,56	4,04
50–60	7,90	7,85	7,10	8,90	0,37	0,61	4,68
60–70	7,83	7,75	7,00	8,80	0,39	0,62	4,98
70–80	7,77	7,70	7,00	8,60	0,40	0,63	5,15
80–90	7,80	7,75	6,90	8,50	0,34	0,58	4,36
90–100	7,86	7,80	6,60	8,90	0,51	0,71	6,49
100–110	7,71	7,60	6,60	9,00	0,55	0,74	7,13
110–120	7,53	7,60	6,70	8,10	0,27	0,52	3,58
120–130	7,55	7,65	6,70	8,10	0,27	0,52	5,57
130–140	7,60	7,80	6,80	7,90	0,21	0,46	2,76
140–150	7,54	7,80	6,80	8,10	0,31	0,56	4,11
150–160	7,67	7,85	7,10	7,90	0,15	0,38	1,95
160–170	7,6	7,70	7,10	7,90	0,13	0,35	1,71
170–180	7,53	7,70	6,90	8,00	0,32	0,57	4,25
180–190	7,50	7,60	7,00	7,90	0,21	0,46	2,80
190–200	7,46	7,50	7,00	7,90	0,20	0,45	2,68

Таблица 2

Статистическая характеристика содержания карбонатов в почвах (%)

Горизонт	Среднее	Медиана	Min	Max	D	Стандартное отклонение	Вариационный коэффициент
0–10	9,27	10,25	1,00	15,86	20,62	4,54	222,43
10–20	9,02	8,87	3,60	16,45	17,81	4,22	197,45
20–30	8,47	7,37	5,10	14,10	11,68	3,42	137,89
30–40	9,09	7,80	6,75	15,25	8,49	2,91	93,40
40–50	10,68	9,67	6,75	17,00	13,75	3,71	128,74
50–60	10,74	8,92	3,25	22,50	36,20	6,02	337,05
60–70	12,33	10,32	4,25	22,50	33,44	5,78	271,21
70–80	12,05	12,30	5,00	17,50	21,33	4,62	177,01
80–90	11,34	10,40	5,40	22,75	26,81	5,18	236,42
90–100	10,26	9,75	2,50	18,75	25,29	5,03	246,49
100–110	7,8	9,75	0	12,75	23,27	4,82	298,33
110–120	8,15	10,92	0	12,50	30,35	5,51	372,39
120–130	8,71	11,08	1,35	11,75	29,46	5,43	338,23
130–140	7,77	8,50	1,60	10,30	16,85	4,10	216,86
140–150	8,64	10,00	1,10	18,40	48,70	6,98	563,65
150–160	8,94	8,37	0,90	18,10	53,49	7,31	598,32

Горизонт	Среднее	Медиана	Min	Max	D	Стандартное отклонение	Вариационный коэффициент
160–170	9,49	11,40	0,45	14,75	39,13	6,25	412,33
170–180	8,92	9,50	0	17,25	74,64	8,63	836,77
180–190	8,25	7,00	0	17,75	79,94	8,94	968,97
190–200	6,50	5,25	0	14,25	51,94	7,20	799,07

Результаты статистической обработки (табл. 3) массовых данных содержания гипса в почвах дают нам представление о профильном распределении гипса. Величина среднего содержания M_e показывает, что содержание гипса достаточно высокое по всему усредненному профилю.

Самый высокий показатель содержания гипса характерен для горизонта, который находится на глубине 100–110 см (52,04 %), а самый низкий показатель на глубине 70–80 см (2,00 %). Самое большое стандартное отклонение от средней величины находится на глубине 100–110 см. Можно сказать о том, что среднее значение гипса обладает наиболее сильной изменчивостью ряда.

Таблица 3

Статистическая характеристика содержания гипса в почвах

Горизонт	Среднее	Медиана	Min	Max	D	Стандартное отклонение	Вариационный коэффициент
0–10	16,32	18,82	3,70	25,40	59,25	7,70	363,05
10–20	19,67	20,51	4,30	37,93	108,03	10,39	549,21
20–30	19,19	21,93	5,90	22,93	42,87	6,55	223,40
30–40	19,31	21,16	5,80	23,79	73,82	8,59	382,29
40–50	20,17	20,70	8,00	24,34	53,41	7,31	264,80
50–60	18,80	20,20	7,31	28,50	51,59	7,18	274,41
60–70	16,31	18,12	4,50	25,06	51,21	7,16	313,98
70–80	15,85	18,58	2,00	25,17	66,09	8,13	416,97
80–90	15,74	17,29	4,00	24,50	53,09	7,29	337,29
90–100	15,54	18,49	4,00	21,90	46,99	6,85	302,38
100–110	23,21	19,44	8,60	52,04	221,73	14,89	955,32
110–120	22,13	19,46	11,90	41,61	104,98	10,24	474,38
120–130	19,56	19,16	17,30	23,17	5,01	2,24	25,61
130–140	20,26	20,44	17,82	24,14	6,36	2,52	31,39
140–150	20,76	19,97	18,26	23,72	7,21	2,68	34,73

«Гажевые» почвы Южного Приангарья образовались при выветривании и переотложении верхнекембрийских осадочных пород в условиях засушливого климата в замкнутых слабопроточных водоемах.

Почвы обладают рядом одинаковых морфологических признаков: по всему профилю почв наблюдается вскипание от 10 % HCl, выявлены карбонатные и гипсовые новообразования которые проявляются в виде кристаллов гипса.

Общие признаки химических показателей: реакция почвенного раствора по всем разрезам варьирует от слабощелочной до щелочной. При изучении карбонатного профиля выявлено неравномерное распределение, с выделением горизонтов скопления карбонатов на различных глубинах, в зависимости от характера водного режима. Распределение солей подтверждается показателями кислотности и содержанием карбонатов и гипса.

К характерным признакам пойменных «гажевых» почв Южного Приангарья относятся наличие погребенного гумусового горизонта, наличие гипсового горизонта с разными формами гипсовых новообразований и горизонта скопления карбонатов и наличие признаков обводненности территории в виде ракушек моллюсков.

Остается нерешенной проблема выделения классификационной принадлежности «гажевых» почв Южного Приангарья по классификации 2004 года.

Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1962. 490 с.
2. Бояркин В. М., Бояркин И. В. География Иркутской области (природа, население, хозяйство, экология) : учеб. пособие. 6-е изд., перераб. и доп. Иркутск : Сарма, 2007. 262 с.
3. Ермолаев К. Д. Отчет о результатах геолого-поисковых работ, проведенных на Бахтайском месторождении гипса в 1961 г. Иркутск, 1962. 108 с.
4. Классификация и диагностика почв России / авт.-сост.: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 223 с.
6. Минашина Н. Г. Гипсоносные почвы, особенности их освоения и анализа // Почвоведение. 1975. № 8. С. 3–14.
7. Минашина Н. Г. Гипсоносные почвы: распространение, генезис, классификация // Почвоведение. 2002. № 3. С. 11–12.
8. Минашина Н. Г., Егоров В. В. Мелиоративные особенности и классификация гипсоносных почв // Почвоведение. 1975. № 10. С. 16–19.
9. Угланов И. Н. Некоторые вопросы образования и развития болот на примере Иркутского лесостепья : науч. доклад высш. шк. геол.-геогр. наук № 1. Иркутск, 1958. 162 с.
10. Хисматуллин Ш. Д. Засоленные почвы речных долин Южного Приангарья // Труды первой сибирской конференции почвоведов. Красноярск, 1962. С. 298–302.
11. Хисматуллин Ш. Д. Засоленные почвы речных долин лесостепных районов Верхнего Приангарья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1962.
12. Черных И. Е. Отчет о разведочных гидрогеологических работах, проведенных на Нукутском месторождении минеральных вод Иркутской области в 1968–1974 гг. с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на 18 ноября 1974 г. Чита, 1974. 110 с.
13. Шишов Л. Л., Панкова Е. Н. Засоленные почвы России. ИКЦ «Академкнига», 2006. 854 с.

CHARACTERISTICS AND PROPERTIES « GAZHEVYH « SOIL SOUTH PRIANGARE

N. Kiseleva, S. Yakovleva

Irkutsk State University, faculty of soil science, nata_kis71@list.ru

The study area is located in the south of Eastern Siberia , steppe Angara. There are formed different soils, which have in their profile neoplasms gypsum and carbonates. They are inherited from the soil of carbonate rocks and groundwater. Soil-forming rocks are the Upper dolomite and gypsum.

Gypsum is found at a depth of 50–120 cm in an amount of up to 21 %. Carbonates in these soils are distributed throughout the profile. Their content ranges from 1 % to 35 %. The distribution within the profile depends on the soil water regime. Increasing the carbonate content increases the alkalinity of an aqueous suspension of soils. The pH change from 7,5 to 9,2.

Slightly soluble carbonate salts and gypsum have an impact on soil formation soil processes.

СПЕЦИФИКА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

**Козлова А. А., Баниева И. В., Зурбанова А. Л., Минаков К. К.,
Волощук А. А., Стадник С. Н., Гагарин Д. В., Хохряков В. Н.**
ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, allak2008@mail.ru

Своеобразие природной обстановки (рельефа, горных пород, климата, растительности) Южного Предбайкалья, обусловлено сложной историей развития и современными особенностями. Неоднородность литогенной основы, различная крутизна и экспозиция склонов, охлаждающе-отепляющее влияние водной массы Байкала на прибрежную территорию, наличие сезонной мерзлоты и многолетнемерзлых пород предопределили формирование контрастных ландшафтов, обусловили специфику почвообразования в регионе. Результатом действия факторов почвообразования явилось формирование сложного и разнообразного почвенного покрова, в составе которого присутствуют почвы с характерными чертами и специфичными свойствами, заметно отличающих их от Европейских аналогов, что заметно затрудняет их диагностику и классификацию.

Поскольку основная часть исследуемого региона покрыта бореальной растительностью, то почвы лесных ландшафтов имеют в регионе наиболее широкое распространение. В почвенном покрове Южного Предбайкалья присутствуют дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, дерновые лесные, серые лесные почвы. Черноземы лесостепных и степных ландшафтов региона не образуют крупных массивов, а располагаются участками, чередующимися с серыми лесными и лугово-черноземными почвами [Кузьмин, 1988].

Дерново-подзолистые почвы развиваются под пологом светлохвойных (сосновых, лиственничных) и мелколиственных (осиновых, березовых), травяных, мохово-травяных и бруснично-травяных лесов. Основные региональные особенности – относительно высокая степень аккумуляции перегноя и обменных оснований в верхней части профиля; слабокислая реакция среды; значительное содержание первичных минералов; сложный и разнообразный состав вторичных. Процесс механического перемещения тонкодисперсных частиц из элювиальной толщи в иллювиальную является преобладающим, в отличие от Европейских аналогов, где ведущим является оподзоливание, т. е. процесс, связанный с разрушением первичных и вторичных минералов. В связи с сухостью климата, основностью пород, слабопромывным водным режимом, процессы подзолообразования в настоящее время в них заторможены. По-видимому, оподзоливание господствовало в прошлом, когда территория была занята темнохвойными лесами, обеспечивающими кислый характер опада. Далее дерновый процесс наложился на предшествовавший ему подзолистый, и современный гумусовый горизонт сформировался на месте прежнего подзолистого [Кузьмин, 1988]. Отличия в показателях органического вещества дерново-подзолистых почв региона от Европейских аналогов обусловлены замедленным

превращением органических остатков в связи с краткостью активных биохимических процессов, достигающих стадию «грубого» гумуса. Состав гумуса характеризуется довольно широким отношением в верхних горизонтах с преобладанием гуминовых кислот, связанных с подвижными полуторными окислами, высоким содержанием нерастворимого остатка.

Дерновые лесные почвы, наряду с дерново-подзолистыми, являются обязательным компонентом почвенного покрова травяных кустарниковых лесов [Кузьмин, 1988]. Как правило, они располагаются на плоских водоразделах и верхних пологих частях склонов. На южных склонах они распространены шире, чем на склонах северной экспозиции, а особенность их формирования связана с пониженным здесь увлажнением и повышенным испарением, сдерживающими промачивание почв и создание нисходящего тока почвенных растворов. Наиболее характерные почвы этого типа развиваются на продуктах выветривания юрских конгломератов. Их профиль представлен маломощным (обычно высокогумусным) горизонтом А, резко переходящим в хорошо выраженный ореховатый бурый или ярко бурый горизонт В, часто более тяжелый по гранулометрическому составу, чем выше и ниже лежащие горизонты, что можно объяснить литологической неоднородностью отложений. Однако по валовому составу значительных изменений в профиле не наблюдается, что позволяет считать горизонт В метаморфическим, а не иллювиальным. При переходе к материнской породе окраска светлеет, а гранулометрический состав становится более легким [Воробьева, 2010]. По содержанию гумуса почвы сильно различаются. В грубогумусовых почвах верхний дерновый горизонт содержит обычно 10–18 % гумуса, с глубиной наблюдается его снижение, более постепенное, чем в дерново-подзолистых почвах [Кузьмин, 1988]. Обычно они имеют гуматно-фульватный или фульватно-гуматный тип гумуса, высокую степень насыщенности основаниями, преимущественно слабокислую рН. Основной провинциальной особенностью формирования дерновых лесных почв является не только богатство пород основаниями и первичными минералами, а обусловлено всей совокупностью условий почвообразования, как в прошлом, так и в настоящее время [Надеждин, 1961].

Дерново-карбонатные почвы представляют собой своеобразный местный тип почв, формирование которых приурочено к местам выхода на поверхность карбонатных пород – известняков и доломитов, преимущественно нижнекембрийских и красноцветных карбонатно-силикатных песчаников, аргиллитов, алевролитов и мергелей верхнекембрийского возраста [Кузьмин, 1988]. Они развиваются в условиях климата южной тайги при достаточном увлажнении под сосновыми, лиственничными и смешанными травяными и моховотравяными лесами и имеют периодически промывной тип водного режима. Высокое содержание кальция в почвообразующей породе способствует нейтрализации кислых продуктов растительных остатков, подавляя развитие подзолистого процесса. Дерново-карбонатные почвы региона очень разнообразны и отличаются разной степенью гумусированности, мощности, выщелоченности от карбонатов. Ранее все эти почвы объединял один фактор почвообразования – это почвообразующая карбонатная порода. Однако эти почвы могут быть с разным

характером типодиагностических горизонтов и различным строением профиля, и относится как слаборазвитыми, так и к полноразвитыми почвам [Воробьева, 2010]. К отличительным особенностям дерново-карбонатных почв региона следует отнести зависимость их физико-химических свойств от литологии почвообразующих пород. Они обладают нейтральной и слабощелочной реакцией среды верхних гумусированных горизонтов и щелочной – в нижней части профиля, высокой степенью насыщенности основаниями (Са и Mg, при очень низком содержании обменного натрия), незасоленностью, отсутствием следов оглеения. Для них характерно высокое содержание гумуса, богатого гуминовыми кислотами, связанных с кальцием. Профиль почвы, как правило, слабо дифференцирован по гранулометрическому и валовому химическому составу [Кузьмин, 1988].

Тип серых лесных почв широко развит в хвойно-лиственной подзоне тайги Южного Предбайкалья и приурочены в основном к ее южной освоенной и остепненной части. Они формируются на положительных элементах рельефа, сложенных четвертичными осадками, генетически связанными с юрскими песчаниками и сланцами, а также озерными и речными наносами на террасах среднего и высокого уровня. Среди них преобладают суглинки, иногда облесованные. Растительность в местах распространения этих почв представлена сосновыми, лиственнично-сосновыми и мелколиственными травяными лесами. В регионе нет той лесостепи с разнообразием лиственных пород (в том числе широколиственных), какая характерна для европейской территории. Серые лесные почвы региона отличаются от своих аналогов в европейской части страны меньшей оподзоленностью и пониженной кислотностью [Кузьмин, 1988]. Реакция среды, как правило, слабокислая, в нижней части может быть нейтральной, а при наличии карбонатов – слабощелочной. Содержание гумуса в гумусовом горизонте составляет обычно 4–6 %, а соотношение гуминовых и фульвокислот в его составе примерно равное. В верхних горизонтах поглощающий комплекс близок к насыщению, реже не насыщен основаниями, преобладает обменный кальций. Коэффициент текстурной дифференциации в почвах на однородных пылеватых породах колеблется в пределах 1,4–2,2 [Воробьева, 2010].

Черноземы развиваются преимущественно на древних террасах рек, на нижних частях пологих склонов и пологих южных склонах, как правило, на лессовидных суглинках различного происхождения. Отмечаемая многими исследователями [Кузьмин, 1988; Воробьева, 2010] языковатость и карманистость черноземов региона является следствием современного криогенеза, а также палеокриогенеза, имевшего место в позднем плейстоцене. Выщелоченные черноземы формируются под луговыми ковыльно-разнотравными степями [Кузьмин, 1988]. Южные [Кузьмин, 1988], солонцеватые [Надеждин, 1961] или типичные холодные [Воробьева, 2010] черноземы, нами отнесенные к обыкновенным, в естественных условиях формируются под злаково-полынными ассоциациями в естественных условиях. В нижней части профиля выделяются осолонцованные горизонты, в которых содержание натрия от емкости поглощения может достигать 11–16 %. При этом выше 40–50 см содержание обменного натрия обычно

не превышает 2–4 % от емкости поглощения [Кузьмин, 1988]. Одной из характерных черт, отражающих специфику формирования черноземов региона, является содержание и распределение гумуса, которое определяется биоклиматическими факторами почвообразования. Малая мощность гумусового горизонта вызвана особенностью термического режима исследуемых почв, с повышенной концентрацией корней в верхнем 40-см горизонте, так как более глубокому их проникновению препятствуют низкие температуры поздно оттаивающего в весенне-летний период почвогрунта. Другой причиной маломощности гумусовых горизонтов может являться иная интенсивность и темп биохимических процессов. Наиболее высокая микробиологическая деятельность наблюдается лишь в июле-августе, когда максимум осадков совпадает с максимальным прогреванием почвы [Кузьмин, 1988]. Поэтому разложение органических остатков происходит в значительно более короткий период лета, чем в европейской части России, причем этот процесс концентрируется в небольшом по мощности верхнем слое почвы с оптимальными температурами. Распределение актуальной кислотности по профилю исследуемых черноземов носит неоднозначный характер. Слабокислая реакция горизонта В выщелоченного чернозема и слабощелочная – карбонатных горизонтах, обязана, скорее, литогенной неоднородности, чем почвообразованию, что обуславливается разновозрастностью горизонтов в профиле черноземов региона. Так, согласно представлениям Г. А. Воробьевой [2010] в региональных черноземах гумусовый горизонт А может быть отнесен к среднему-позднему голоцену, переходный горизонт АВ и подгумусовый светло-бурый бескарбонатный горизонт В – к раннему голоцену. Карбонатные горизонты В_{са} и В_{Сса} относятся уже к верхнеплейстоценовой части разреза.

В целом, несмотря на разнообразие почвенного покрова Южного Предбайкалья, почвы региона обладают рядом сходных свойств, связанных, прежде всего, с особенностями их гидротермического режима. Так, тепловой режим исследуемых почв по В. Н. Димо [1972] соответствует сезоннопромерзающему типу, фациальному подтипу умеренно холодных длительно промерзающих почв. Водный режим по А. А. Родэ [1969] можно отнести к периодически промывному, что связано с неравномерностью выпадения осадков в течение года. Весной и в начале лета засушливо, коэффициент увлажнения по Иванову составляет 0,28 в степном ландшафте и 0,37 – в лесном. Условия для сквозного промачивания могут появляться непродолжительное время только в конце августа и в начале сентября. Подтип водного режима – криогенный, присущий почвам, находящимся в условиях недостаточного увлажнения при наличии поздно оттаивающей сезонной мерзлоты.

Отличительным показателем характерным для всех типов исследуемых почв является высокое содержание органического вещества в верхней, небольшой по мощности части профиля, связанное со спецификой биоклиматических условий. Холодность и засушливость климата, длительное нахождение почв в мерзлом состоянии обеспечивает высокую концентрацию корней в верхнем небольшом по мощности слое почвы, обуславливает короткий период интенсивной микробиологической активности.

Для исследуемых почв региона характерна слабокислая, нейтральная или слабощелочная реакция среды верхних гумусированных горизонтов, с нарастанием щелочности книзу профиля; заторможенность подзолистого процесса; повышенное содержание и высокая степень насыщенности обменными основаниями почвенного поглощающего комплекса, включая и дерново-подзолистые почвы. Этим они принципиально отличаются от своих Европейских аналогов, что в значительной степени затрудняет их диагностику и классификацию [Козлова, Макарова, 2012].

Общей спецификой для почв Южного Предбайкалья является их развитие в суровых биоклиматических условиях, тормозящих процессы выветривания, что обуславливает зависимость их физико-химических свойств в большей степени от литогенной неоднородности и состава почвообразующих пород, чем от почвообразования. Сочетание в автономных условиях почв с элювиально-иллювиальным и недифференцированным профилями рассматривается как проявление парагенезиса, т. е. закономерного пространственного сочетания биогеосистем, почв и почвенных комбинаций [Парагенезис и парадинамизм ... , 2005]. Этот подход позволяет показать разнообразие почв, встречаемых в сходных условиях, имеющих разное строение профиля, что невозможно интерпретировать только на основе представлений о широтной зональности [Кузьмин, 2007].

Литература

- Атлас: Иркутская область: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 90 с.
- Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
- Димо В. Н. Тепловой режим почв СССР. М. : Колос, 1972. 359 с.
- Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1988. 175 с.
- Кузьмин В. А. Опыт почвенно-географических исследований на территории Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 197–205
- Надеждин Б. В. Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк). М. : Изд-во АН СССР, 1961. 326 с.
- Парагенезис и парадинамизм почв / А. И. Куликов [и др.]. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2005. 278 с.
- Родэ А. А. Водный режим почв и его регулирование. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 119 с.

Annotation. The territory of South Predbaiklja different from many other regions of the large diversity of natural and climatic conditions. Here is the border of two major tectonic structures – the Siberian Platform and its folded frame. The study area in the south-west by the foothills of the Eastern Sayan, from the southeast – Onot elevation and includes the Irkutsk-Cheremkhovo plain and the southern part of Baikal depression, representing a marginal deflections of the Siberian platform. A variety of landforms, rocks, climate, vegetation and paleogeographic conditions determined the originality of the soil, the specificity of their properties, which largely hinders their diagnosis and classification.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ПОЙМЫ РЕКИ ГОЛОУСТНОЙ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Кузнецов П. В.¹, Гребенщикова В. И.²

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, petr-kp@mail.ru

²Институт геохимии имени А. П. Виноградова, СО РАН, Иркутск

Почва является депонирующей средой, способной накапливать ряд элементов в высоких концентрациях. Ее химический состав в целом определяется составом почвообразующих пород, а также зависит от процессов почвообразования, направления и интенсивности хозяйственной деятельности. Поэтому его изучение, с одной стороны, позволяет дать оценку ее современному состоянию, а с другой стороны, расширяет представления о распространенности химических элементов и их поведении в различных почвах и ландшафтах, что является актуальной задачей.

Целью исследований было изучение химического состава почв поймы р. Голоустной, одного из притоков оз. Байкал, который включен в список ЮНЕСКО, что придает особую значимость исследованиям.

Объектами исследования служили почвы поймы р. Голоустной и некоторых прилегающих склонов. Согласно [2] на данной территории современный облик почвенного покрова сформировался под влиянием неупорядоченного выпаса скота и техногенной нагрузки, которая привела к его деградации. В речных долинах кроме распространенных болотных почв, встречаются также луговые и аллювиальные, а в дельте лугово-каштановые, лугово-чернозёмные и лугово-болотные.

На территории исследований нами было выбрано 7 участков, сделано 5 почвенных разрезов (рис. 1). Пробы почв из разрезов отбирались по генетическим горизонтам, а на остальных участках – из верхних горизонтов почвы методом конверта. Работа выполнена с использованием научного оборудования ЦКП «изотопно-геохимических исследований ИГХ СО РАН». Органический углерод анализировали методом Тюринга, рН потенциометрически, содержание порообразующих и микроэлементов методом рентгенофлуоресцентного анализа, содержание ртути – методом атомно-абсорбционного анализа.

Полевые наблюдения показали разнообразие почв, обусловленное различным составом почвообразующих пород и приуроченностью к элементам рельефа. На горных склонах почвообразующими породами являются делювий коренных пород различного состава, в том числе карбонатных, что отражается, например, на вскипании почв от воздействия 10%-ной соляной кислоты. В частности, в горизонтах почв участков ПГУ-2 и ПГУ-7 наблюдается вскипание на различной глубине, в то время как в почвах других участков вскипание отсутствует. В прирусловой и центральной части поймы р. Голоустной почвообразующие породы представлены аллювиальными отложениями.

Приуроченность пробных площадей к различным элементам рельефа отражается на режиме увлажнения почв. Генетические горизонты почв, располо-

женных на склонах – сухие, а расположенные в пойме р. Голоустной увлажнены. В частности, в почве притеррасной поймы увлажнение избыточное и развиваются процессы оглеения.

Различия условий формирования почв обусловили разнообразие их химического состава. Результаты исследований показали (табл. 1), что наибольшим содержанием Сорг характеризуются аккумулятивные горизонты почв участков центральной и притеррасной частей поймы (ПГУ-1 и ПГУ-10). Причем, в профилях этих почв, несмотря на снижение содержания Сорг с переходом в минеральную толщу, оно остается достаточно высоким. Для других изученных почв наблюдается резкое снижение содержания Сорг с переходом в минеральную толщу. Наиболее низким содержанием Сорг характеризуются дерново-подзолистая почва (ПГУ-9), расположенная в элювиальных условиях относительно поймы.

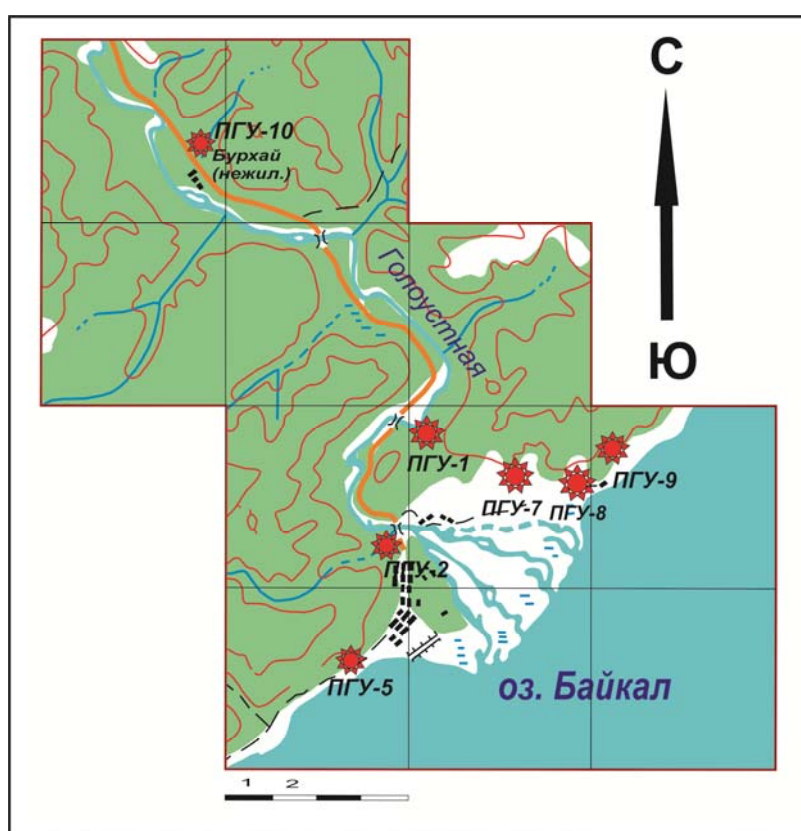


Рис. 1. Схема расположения исследуемых участков

Большинство изученных почв характеризуется близкой к нейтральной реакцией среды. Наибольшая актуальная кислотность отмечена в дерново-подзолистой почве (ПГУ-9) под таежной хвойной растительностью, а также в почве участка ПГУ-8, что также может быть обусловлено характером растительности (обилие термопсиса).

Особенностью почвенных профилей почв участков ПГУ-1 и ПГУ-10 является накопление SiO_2 и Na_2O в средней части профиля, а содержание Fe_2O_3 и MgO увеличивается с глубиной (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика исследуемых участков, кислотность
и содержание органического углерода в почвах

Характеристика исследуемого участка	Глубина, см	C _{орг} , %	pH _{водн}
ПГУ-1 Притеррасная часть поймы р. Голоустной, микропонижение	0–5	8,31	6,8
	10–20	3,88	
	30–40	4,75	
ПГУ-2 Надпойменная терраса р. Голоустная. Остепненный луг	9–18	6,20	6,7
	26–34	1,35	
	39–45	0,53	
	55–60	1,77	
ПГУ-5 Нижняя треть склона юго-восточной экспозиции. Остепненный луг	0–10	5,09	7,1
ПГУ-7 Пойма р. Голоустной. Луговое разнотравье	10–25	2,21	6,9
	28–38	1,03	
ПГУ-8 Пойма р. Голоустной. Луговое разнотравье. Обилие термопсиса	0–10	2,81	6,3
ПГУ-9 Верхняя треть пологого склона южной экспозиции под сосняком мертвопокровным	0–7	2,64	6,2
	7–14	0,94	
ПГУ-10 Центральная часть поймы р. Голоустная. Луговое разнотравье. Сенокос	10–20	8,97	7,0
	40–50	2,88	
	55–60	2,54	

Таблица 2

Содержание породообразующих элементов в почвах, %

№ п/п	Глубина, см	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S
ПГУ-1	0–5	49,29	5,32	2,07	1,721	1,19	1,724	0,2998	0,114
	10–20	57,64	5,85	2,12	1,234	1,42	1,710	0,1785	0,062
	30–40	55,45	6,41	2,29	1,441	1,15	1,777	0,2475	0,086
ПГУ-2	9–18	56,46	5,88	1,68	1,600	1,17	2,434	0,3286	0,074
	26–34	61,83	6,59	2,12	0,902	1,35	2,575	0,2061	< 0,01
	39–45	63,34	6,58	2,32	0,757	1,53	2,599	0,1854	< 0,01
	55–60	42,95	5,61	1,44	11,55	0,57	3,304	0,1752	0,032
ПГУ-5	0–10	55,34	5,86	1,95	2,466	2,40	2,584	0,3866	0,105
ПГУ-7	10–25	57,43	5,80	2,60	3,813	1,22	2,462	0,2186	0,042
	28–38	49,87	5,52	3,64	9,964	1,05	2,137	0,1541	0,023
ПГУ-8	0–10	68,30	3,15	1,28	2,380	4,48	2,371	0,2182	0,043
ПГУ-9	0–7	70,05	1,81	0,44	1,444	3,77	3,159	0,1013	< 0,01
	7–14	73,33	1,84	0,41	1,316	3,95	3,369	0,0854	< 0,01
ПГУ-10	10–20	49,34	5,31	1,79	2,983	0,97	1,848	0,3379	0,174
	40–50	60,45	6,54	2,31	1,196	1,18	2,268	0,2404	0,068
	55–60	59,30	6,96	2,61	1,240	1,10	2,127	0,2370	0,055

Почвенный профиль участка ПГУ-2 заметно отличается от других. В верхней части профиля этой почвы (до коренной породы) содержание большинства породообразующих элементов возрастают с глубиной профиля. Карбонатная порода, на которой он сформирован, существенно отличается по химическому составу от почвы и характеризуется низким содержанием SiO₂ и Na₂O, и наобо-

рот, повышенным содержанием СаО и К₂О. Возможно, что данная почва сформирована на аллювиальных наносах, подстилаемых коренной карбонатной породой, однако этот вопрос требует изучения.

Особенностью химического состава почвы участка ПГУ-9 является накопление SiO₂, Na₂O и K₂O, что объясняется элювиальным положением почвы в ландшафте, способствующем вымыванию одних элементов и остаточным накоплением других. Повышенное содержание щелочных элементов, по-видимому, обусловлено их вхождением в состав полевых шпатов. Общей закономерностью в изученных почвах является биогенное накопление в верхних аккумулятивных горизонтах Са, Р и S.

Наименьшее содержание микроэлементов (табл. 3), за исключением Мп в верхнем горизонте, выявлено в почве участка ПГУ-9, что очевидно связано с их выносом. Накопление Мп может быть обусловлено биогенной природой. Почвы участков ПГУ-1 и 10 характеризуются повышенным относительно регионального фона содержанием элементов группы железа – Мп, Ni и Со, а также наиболее высоким содержанием Cr и V по сравнению с почвами других участков. По-видимому, это связано с особенностями химического состава аллювиальных отложений данного участка поймы. На региональных геохимических картах в данном районе также выделяются территории с повышенным содержанием этих элементов не только в почвах, но и в коренных породах [1].

Таблица 3

Содержание микроэлементов в почвах, мг/кг

№ п/п	Глубина, см	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Hg
ПГУ-1	0–5	115	112	997	28	80	41	127	0,136
	10–20	122	116	1021	27	75	36	77	0,049
	30–40	127	120	1277	27	82	42	86	0,016
ПГУ-2	9–18	114	94	1188	18	48	35	79	0,005
	26–34	119	105	651	22	51	32	77	0,002
	39–45	121	102	601	24	55	39	69	0,024
	55–60	86	63	255	< 10	35	42	67	0,008
ПГУ-5	0–10	84	62	969	16	30	28	93	0,004
ПГУ-7	10–25	97	85	703	19	47	26	77	0,004
	28–38	86	79	598	12	43	28	71	0,003
ПГУ-8	0–10	51	58	716	< 10	25	16	54	0,019
ПГУ-9	0–7	23	28	914	< 10	15	< 10	36	0,025
	7–14	23	26	346	< 10	14	< 10	27	0,005
ПГУ-10	10–20	111	103	1204	25	77	42	107	0,009
	40–50	120	109	1194	28	74	33	95	0,005
	55–60	126	121	1231	30	88	42	102	0,012
Региональный фон [1]		100	100	545	17	40	46	50	0,02

Особенностью почвы участка ПГУ-1 является повышенное содержание ртути в верхнем горизонте почвы, которое может быть связано с ее атмосферным поступлением и последующей сорбцией органическим веществом. Однако остается неясным ее источник, который может быть как природным, так и тех-

ногенным, несмотря на отсутствие поблизости каких либо промышленных объектов. Известно, что ртуть является глобальным атмосферным мигрантом [3].

Особенностью почвы участка ПГУ-2 является повышенное содержание Cr и V, при этом коренная порода, на которой сформирована почва, содержит этих элементов меньшее количество. Накопление Mn в горизонте А этой почвы может быть связано с биогенным фактором.

Таким образом, на основании проведенных исследований по химическим и морфологическим признакам выявлено разнообразие почв, обусловленное различиями условий почвообразования. По особенностям химического состава выделяются почвы центральной и притеррасной частей поймы р. Голоустной, сформированные на аллювиальных отложениях и характеризующиеся повышенным содержанием элементов группы железа, накопление которых, вероятно, обусловлено составом аллювиальных отложений.

В элювиальных позициях происходит вынос элементов, чем обусловлено их низкое содержание в дерново-подзолистой почве. Почвы, прилегающие к дельте реки и расположенные на надпойменных террасах и склонах, по содержанию микроэлементов занимают промежуточное положение, которое не является высоким. Поэтому мы считаем, что влияние хозяйственной деятельности на этом участке мало отразилось на химическом составе почв в отношении рассмотренных элементов.

Литература

1. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / В. И. Гребенщикова, Э. Е. Лустенберг, Н. А. Китаев, И. С. Ломоносов ; науч. ред. М. И. Кузьмина). Новосибирск : Акад. изд-во «Гео», 2008. 234 с.
2. Кузьмин В. А. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории (эколого-геохимический подход). Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. 166 с.
3. Рассеянные элементы в бореальных лесах / В. В. Никонов [и др.] ; отв. ред. А. С. Ис-аев. М. : Наука, 2004. 616 с.

FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SOILS OF THE FLOOD PLAIN OF THE RIVER GOLOUSTNY (IRKUTSK REGION)

Kuznetsov P. V.¹, Grebenschikova V. I.²

¹Center for productivity and ecology of woods RAS, Moscow, Russia
petr-kp@mail.ru

²Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

The features of a chemical composition of floodplain soils of Goloustnaya river (Baikal western tributary) have been characterized. A certain variety caused by differences of soil formation conditions is revealed. A soils of a central and preterrace parts of a floodplain are distinguished having increased iron group element contents. A loss of such elements occurs in alluvial positions. Soils adjoined to river delta occupies intermediate position by trace element content which is not high. It follows that the impact of economic activity in this area had little effect on the chemical composition of the soil in relation to the considered elements.

ОТРАЖЕНИЕ ДРЕВНИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОФИЛЯХ СОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ СТЕПЕЙ МИНУСИНСКОЙ ВПАДИНЫ

Кулижский С. П., Родикова А. В.

Томский государственный университет, г. Томск,
kulizhskiy@yandex.ru, rodikovaav@mail.ru

Классическое понимание классификации и диагностики почвенного тела, процессов, происходящих в нем, включает в себя принятие по умолчанию парадигмы о парагенетической ассоциации горизонтов ее профиля, сформировавшихся *in situ*. Подобные образования и были названы на заре почвоведения В. В. Докучаевым почвами и, гораздо позднее, И. А. Соколовым [7] – собственно почвами, в отличие полупочвенных и непочвенных образований, выполняющих их функции и обладающих плодородием. Однако, даже этим классическим объектам могут быть свойственны признаки, не укладывающиеся в рамки общепринятых представлений об эталонных типах. При этом, для выяснения причин «отклонений» необходимо понимать, что, к примеру, такие подходы к изучению подобных природных систем как субстантивный, не всегда могут дать ответы на закономерно возникающие вопросы, и, для интерпретации процессов и механизмов, морфологии и свойств необходимы знания об истории ландшафтов в целом и их компонентов в частности. Необходимо, кроме того, признавать возможность формирования профилей согласно различным моделям, и то, что правила интерпретации данных простых не применимы к сложным. Таким образом, изучение естественных систем именно как пространственно-временных позволяет сформулировать предположения об их генезисе, наиболее приближенные к реалиям, несмотря на их гипотетичность.

Почвы и почвенный покров степей Минусинской впадины, как указано многочисленными исследователями, весьма специфичен, и, несмотря на мнения об отсутствии явных реликтовых признаков в автономных объектах, неоднократно упоминается возможность их существования. Гетерономные почвы при этом однозначно обладают таковыми, и условия их формирования весьма к этому располагают, погребенные горизонты повсеместно встречаются в почвах западин и понижений (табл. 1). Расположение захороненных слоев и изучение их состава могут многое рассказать, как о современных, так и о древних процессах. Авторами отмечены, к тому же, такие уникальные черты, как рост профилей вверх за счет привноса материала со склонов окружающих возвышенностей, включая черноземы; вариативность форм земной поверхности и геологического строения; акцентировано внимание на сложности гранулометрического состава материнских пород и почвенных профилей в целом [3–6; 8].

Современный облик почв определен, в том числе, и палеообстановкой, характерной для рассматриваемой местности миллионы лет назад, что проявляется, к примеру, в их окраске. Данный морфологический признак, унаследованный от красноцветных девонских осадочных отложений, широко распростра-

ненных в пределах впадины, и обусловленный, по мнению К. П. Горшенина [3], наличием маловодных минералов железа, аккумулярованных в условиях морских трансгрессий и регрессий, придает почвам своеобразные оттенки, определяя необычную для черноземов палитру цветов, включая гумусовые горизонты. Тона окраски по Манселлу в них соответствуют индексу 10R, степень освещенности 5–6 единиц в сухом состоянии, и насыщенность 3–4. Эти же древние девонские породы содержат реликтовые легкорастворимые соли и гипс [3], которые являются основным источником их присутствия в почвах степей, наряду с поступающими с периферии впадины.

Таблица 1

Морфологическое описание неполноразвитой дерново-аллювиально-карбонатной почвы на погребенной турбированной аллювиальной речной (устье р. Сон)

Горизонт (слой)	Глубина, см	Описание
Ак	0–24	Окраска однородная неравномерная темно-серая различной интенсивности. Новообразования: мучнистые карбонаты; включения: многочисленные литоморфы (до 30–40 %) различного размера и окатанности; многочисленные корни. Опесчанен. Сыпучий. Сухой. Переход в следующий горизонт резкий по цвету и количеству литоморфов; граница слабоволнистая
Ik	24–26	Тонкая прослойка охристого песка, подстилаемого окатанным материалом. Новообразования: мучнистые карбонаты. Переход в следующий горизонт резкий по окраске, гранулометрическому составу, структуре, плотности
II к (Bк?)	26–58	Неоднородной окраски, светло-серый с теплым коричневато-желтоватым оттенком и охристыми пятнами. Новообразования: мучнистые карбонаты; пятна оксида железа. Структура листоватая, мелкоореховатая, зернистая. Средний суглинок. Горизонт имеет выраженную вертикальную трещиноватость. Границы сильно волнистые. Залегание вогнуто-выпуклое, местами прерывистое
Ahk	40–51	Фрагментарный погребенный гумусовый горизонт, располагается полосами и пятнами на различных глубинах и в пределах различных слоев. Окраска неоднородная серая с охристыми пятнами и белыми прожилками. Новообразования: мучнистые карбонаты, псевдомицелий; пятна оксида железа. Структура листоватая, мелко-ореховатая, зернистая. Легкосуглинистый. Границы фрагментов и полос ясные
IIIк	54–85	Окатанный гравий до 5–7 см диаметром, переслоенный песком рыжеватого цвета. Слой сильно волнистый, поднимается под горизонт Ак и опускается вглубь профиля, при этом мощность его сохраняется на всей длине простираения. Новообразования: мучнистые карбонаты
IVк	>85	Окатанный гравий до 5–7 см диаметром, переслоенный пылеватой фракцией белесого цвета. Слой сильно волнистый, поднимается под горизонт Ак и опускается вглубь профиля. Новообразования: мучнистые карбонаты. Ниже следуют различные аллювиальные слои

При весьма неплохой изученности территории и свойств почв, определяемых традиционно принятыми в почвоведении методами, ответы на поставленные вопросы не всегда очевидны, в связи, с чем возникают новые проблемные

задачи и цели. К числу подобных дискуссионных тем возможно отнести небольшое увеличение значений содержания органического вещества в почвообразующей породе некоторых автоморфных объектов (рис. 1). В степных почвах, с точки зрения современных процессов вероятность появления таких признаков может означать либо глубокое проникновение корневой системы, что не было зафиксировано, либо растрескивание почвенной массы с образованием глубоких трещин вследствие морозного растрескивания или сползания по склону, засыпанием материала с дневной поверхности и последующего смещения грунта.

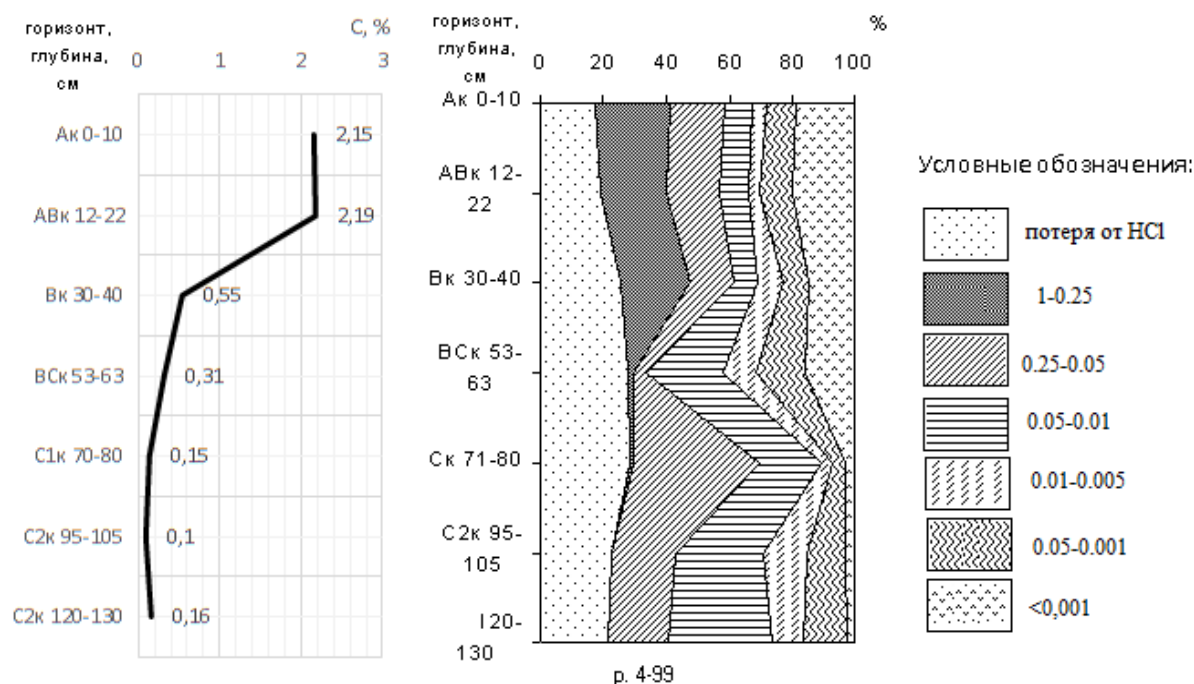


Рис. 1. Гумусовый профиль и гранулометрический состав чернозема южного карбонатного маломощного слабогумусированного среднесуглинистого (р. 4–99, Ширинская озерная котловина)

Интересное толкование подобного факта предложил С. А. Коляго, описавший это явление в своей работе [5]. Он отнес его к реликтовому признаку, объясняя делювиальным переотложением рыхлых пород и древних почв, обусловленным тектоническими движениями Минусинской впадины и ее отдельных участков. С этой же позиции он подходит к рассуждению о сложности гранулометрического состава почвообразующих пород черноземов, рассматривая своеобразный стратиграфический рисунок с вертикально ориентированными слоями и извилистыми границами между ними как итог мерзлотной дислокации в древних почвах тундровых ландшафтов, предшествующих современным остепненным. Существование в прошлом тундрово-болотных экосистем упоминается также и в работах, посвященных растительному покрову впадины В. Г. Волковой и др. [2]. В целом же, влияние палеокриогенеза в истории развития российских черноземов практически не изучено [1].

Еще одной интересной особенностью почв, неоднократно отмеченной в литературных сведениях, является некоторое накопление в горизонтах АВ и (или) В (ВС) илистой фракции при отсутствии значимых количеств обменного натрия. Причиной этому может считаться либо неоднородность гранулометрического состава материала, поступающего в почвы извне, либо, магниевая солонцеватость, поскольку почвы изучаемой территории обогащены данным элементом, либо бывшая натриевая солонцеватость, так как гранулометрическая составляющая является признаком консервативным, сохранившимся как память компонентов твердой фазы. При этом, само по себе изменение соотношения $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ в сторону преобладания одного или другого (рис. 2), возможно, свидетельствует о том, что почвы проходили стадии почвообразования, отличающиеся друг от друга по увлажненности и засоленности [4].

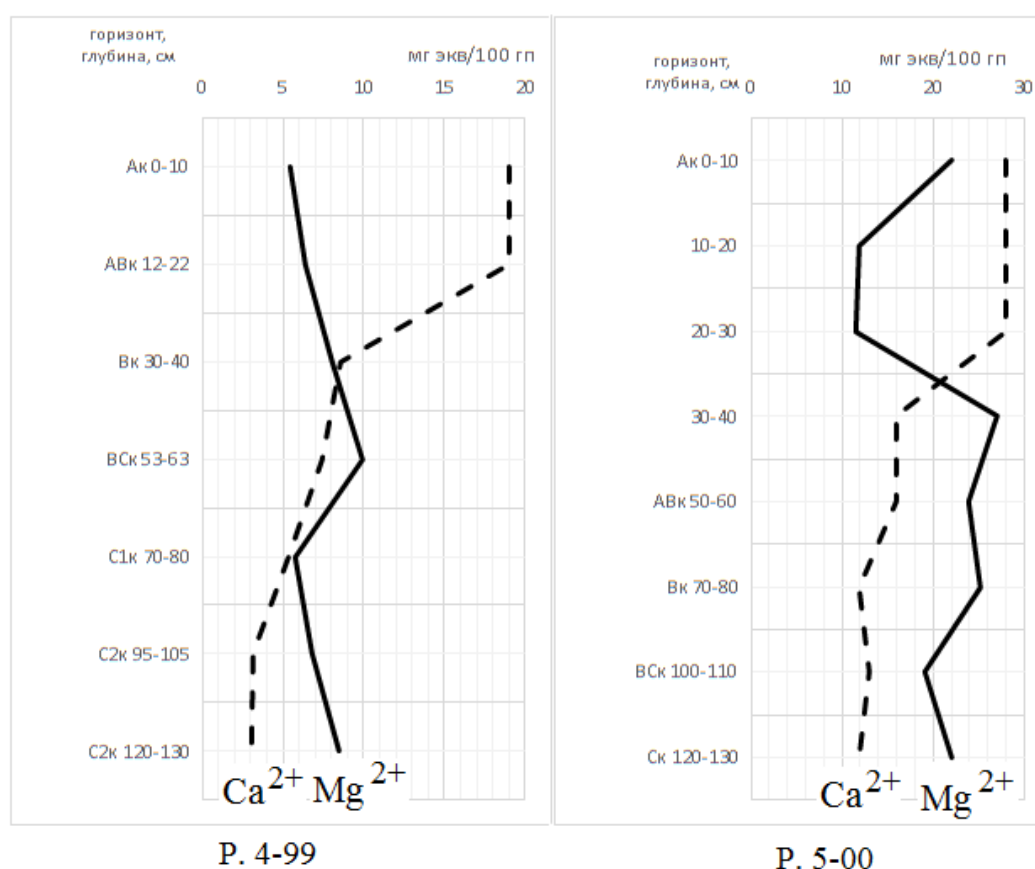


Рис. 2. Обменные кальций и магний в южных черноземах Ширинской степи

Согласно опубликованным источникам, в профилях исследуемых почв выделен еще один реликтовый признак, связанный уже с гумусным веществом объектов. Новые подходы к интерпретации данных и методы анализа состава органического вещества позволили выявить несовпадение гумусовых зон, выделенных аналитически, и современных горизонтов почв, что, на основании положения о рефлексорности определило данное явление как память почвенного тела, зафиксировавшего вариативность параметров палеоклимата [4].

Таким образом, профили почв Минусинской впадины не только как «зеркало ландшафта» отражают их состояние в голоцене, но и хранят в себе инфор-

мацию о минувших процессах древних эпох, происходивших в различных палеобстанках. При этом реликтовые признаки могут присутствовать как в автономных, так и в гетерономных объектах и выявляются и при морфологическом описании, и аналитически.

Литература

1. Алифанов В. М., Гугалинская Л. А. Палеокриогенез и современные черноземы / Почвенные процессы и пространственно–временная организация почв / отв. В. Н. Кудеяров; Ин–т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. М. : Наука, 2006. 568 с.
2. Волкова В. Г., Кочуров Б. И., Хакимзянова Ф. И. Современное состояние степей Минусинской котловины. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1979. 94 с.
3. Горшенин К. П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). М. : Изд-во АН СССР, 1955. 597 с.
4. Каллас Е. В. Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины. Новосибирск : Гуманит. технологии, 2004. 170 с.
5. Коляго С. А. Южные и обыкновенные черноземы правобережья Енисея Минусинской впадины // Очерки по географии и генезису почв Средней Сибири. М. : Наука, 1964. С. 5–68.
6. Кулижский С. П., Родикова А. В., Шамшаева В. Ф. Содержание и распределение химических элементов в почвах озерных депрессий Ширинской степи Чулымо-Енисейской впадины // Сиб. экол. журн. 2012. № 5. С. 711–718.
7. Соколов И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1993. 232 с.
8. Танзыбаев М. Г. Почвы Хакасии. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1993. 256 с.

REFLECTION OF ANCIENT PROCESSES IN MODERN SOILS PROFILES OF MINUSINSK DEPRESSIONS STEPPES

S. P. Kulizhskiy, A. V. Rodikova

The paper presents the options manifestations of relict features of soils profiles in the steppe zone of the Minusinsk Depression. Considered likely causes of their occurrence. Many signs in the soil memory preserved, there are: the presence of organic matter in the parent material, the complexity of the particle size distribution of soil-forming rocks, eluvial accumulation of silt in the middle part of the profile in the absence of exchangeable sodium, red tone color horizons, the presence of relict salt and gypsum, the presence of buried horizons and other. The conclusion about need of integration of knowledge about natural objects, their paleo and modern state is made.

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОСФОРИТНЫХ ПОЧВ ГОРНО-ДОЛИННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИХУБСУГУЛЬЯ МОНГОЛИИ

Мартынова Н. А.

Иркутский государственный университет, Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

Несомненный интерес представляет исследование почв, развитых на фосфоритизированных известняках, содержащих значительное количество фосфора. Еще Ф. Ю. Левинсон Лессинг [6], отмечая влияние казахстанского фосфорита на почву указывал, что примесь фосфорита, содержащего большое количество биофильного фосфора, снабдила почву невероятным количеством фосфорной кислоты и тем самым «образовала в высшей степени оригинальную почву – фосфоритный чернозем».

Китайскими почвоведом почвы с высоким содержанием фосфора (до 22–31 % P_2O_5) описаны на островах Южно-Китайского моря [1; 2] и выделены на уровне типа фосфатно-кальциевых почв наряду с андосолями, почвами известняков в группе регосольных почв, рассматривались как рендзины, тропические фосфо-черные или карбонатные гумусовые почвы.

В отличие от фосфатных почв Китая, развитых на гуано (продуктах разложения помета морских птиц), покрывающих выходы коралловых известняков, образование фосфоритных почв Монголии обусловлено выходом на дневную поверхность рудных тел Хубсугульского фосфоритоносного бассейна, состоящее более чем из тридцати проявлений месторождений фосфоритов общей площадью 30 тыс. кв. км на юго-западе котловины оз. Хубсугул. Нами исследованы почвы опорных разрезов тундровых, лесных и степных геосистем наиболее крупного Онголигнурского месторождения фосфоритов, расположенного вдоль западного берега озера полосой в 50 км при ширине 30 км. Содержание P_2O_5 , представленной фторапатитом (франколитом) с примесью карбонатапатита, колеблется в широких пределах, достигая 32 %. Запасы месторождения близки к 1 млрд т [10].

Биоценозы Прихубсугулья отличаются большим разнообразием видов (до 800), включая высокогорные (24 %), лугово-лесные (22 %) и степные (22 %). Преобладают листовые леса и высокогорная растительность. На фосфоритах верхняя граница леса находится несколько выше (2400–2500 м над у. м.). На фосфатопоявлениях ценозы отличаются исключительно богатым травостоем из злаков и бобовых с высокой урожайностью и особенно – в степных ценозах (до 11,5 ц/га). Основной вклад в повышение продуктивности фитоценозов вносят бобовые благодаря фосфорной кислоте в составе корневых выделений, растворяющих фосфаты пород, обогащая почву доступным фосфором.

На территории западного Прихубсугулья наибольшее распространение получила шишхидская свита рифейско-кембрийского комплекса, представленная

фосфатоносными кремнистыми доломитами, черными известняками с прослоями кремней, хлоритовых и филлитовых сланцев, алевролитов возрастом в 840–708 млн лет, а также – урундушская свита вендско-кембрийского возраста с известняками и мергелистыми доломитами с прослоями кремней и фосфоритов [5]. Фосфориты имеют темную окраску из-за примеси до 1 % тонкодисперсного углистого вещества [4]. Проведенное нами исследование с применением сканирующего электронного микроскопа образцов фосфоритовых пород в шлифах выявило их сложение из микрожелваков, внутри которых хорошо различимы трубчатые остатки организмов, относимых к сходным с цианобактериями (размером в несколько мкм) неизвестным бактериально-водорослевым образованиям, при жизни откладывавшим фосфор в слизистом чехле [8].

Большую часть бассейна оз. Хубсугул составляют горы с перепадом высот от 460 до 3491 м, характеризующиеся эрозионно-денудационной морфоструктурой с элементами гляциального рельефа. Осадки выпадают очень нерегулярно и их суммарное количество варьирует в широких пределах от 250 до 1000 мм в год (альпийские территории), в среднем – до 300 мм [3]. Направления почвообразования и выветривания в районе исследования определяют: жесткий радиационный режим, циркуляционные особенности атмосферы с высокой интегральной прозрачностью, водные массы оз. Хубсугул, расположенного на высоте 1645 м над у. м. в условиях расчлененного горного рельефа. Среднегодовая температура воздуха отрицательная и составляет -4 – -5 °С. Расположение озера в области сплошного распространения мерзлоты обуславливает развитие в береговой зоне процессов солифлюкции, пучения грунтов и термопросадки. Маломощный снежный покров благоприятствует сезонному промерзанию почво-грунтов всей территории бассейна с глубиной оттаивания многолетнемерзлых пород 1,8–3,6 м [9].

В условиях тундровых, лесных и степных ландшафтов высотных поясов Прихубсугулья, сравнимых по возрасту и климату, реализуется модель климатогенной зональности почвообразования, контролируемая и осложняемая разнокачественностью почвообразующих пород или литогенной матричностью почвообразования (т. е. восприимчивостью почвой характера и свойств почвообразующих пород и кор выветривания), определяющей направления почвообразования и экзогенного выветривания в данном климате. Наиболее разнообразный литогенный спектр почв отмечается для условий гумидного климата. Наименьшей рефлекторностью отличаются почвы на чисто карбонатных породах, выветривание которых не меняет химизма процесса почвообразования. В значительно большей степени сенсорность и рефлекторность присуща почвам на кремнисто-карбонатных породах. Матрица, в условиях горных экосистем Прихубсугулья с незамкнутым (неравновесным) круговоротом веществ, в силу своей биоклиматической рефлекторности, формирует литогенный спектр почв на породах разной степени карбонатности и фосфатности, определяемых стратиграфической и фациальной изменчивостью фосфатно-карбонатных пород. Пестрота литологического состава почвообразующих пород в значительной мере определяет формирование в юго-

западном Прихубсугулье Монголии спектра разнообразных типов почв, экологическую устойчивость и функциональные особенности фосфоритных почв горно-долинных ландшафтов. В тундровой зоне на фосфоритах формируются карболитоземы перегнойные глинисто-иллювиированные; в лесной зоне буроземы и темно-серые метаморфические остаточно-карбонатные; в степном поясе – черноземы дисперсно-карбонатные и каштановые почвы [7].

Процессы денудации значительно опережают процессы физико-химического выветривания. Фосфоритные почвы, содержащие в себе обломочный фосфоритовый щебень, характеризуются большим количеством общего и подвижного фосфора, что определяет их особые свойства. Валовый состав почв и их гранулометрических фракций показывает, что из них в процессе выветривания и почвообразования выщелачиваются карбонаты щелочноземельных металлов, а также фосфаты, приводя к значительному накоплению силикатного мелкозема по мере разложения и выноса карбонатного компонента, а также – к остаточной аккумуляции глинистых минералов и илистого органического вещества. Общая направленность процессов выветривания на карбонатных породах в пределах исследованной территории ведет к образованию качественно схожего минералогического состава глинистой части почв, в основе которого – различные сочетания гидрослюдов, хлоритов, трудно диагностируемых смешанно-слоистых образований и тонкодисперсного кварца. Вверх по профилю ухудшается окристаллизованность слюды и снижается их содержание, увеличивается количество хлорита за счет физического дробления. Преобладающим компонентом являются диоктаэдрические иллиты. В средней части профиля фосфоритных почв отмечаются признаки супердисперсности глинистого материала, и плохая окристаллизованность и супердисперсность иллитов, что подтверждает гипотезу морского происхождения фосфоритов, их засоления и последующего рассоления и рассолонцевания. Явление супердисперсности, определяя специфику почвообразовательных процессов на карбонатных породах Прихубсугулья, затушевывает влияние собственно фосфатного материала пород. Почвы разных климатических зон оказываются непринципиально различающимися по составу на фоне карбонатности почвенного профиля. В условиях щелочной реакции выщелачиваются кальций и кремний, образуя кремнисто-карбонатные натски и бородки. Часть глинистых минералов, возможно, накапливается на месте в результате разложения фосфоритов, рентген-структурный анализ которых указывает на наличие в них небольших количеств глинистых алюмосиликатов аналогичного состава.

Стабилизирующая роль фосфора и карбонатов состоит в формировании прочных карбонатно-фосфорно-гумусовых скоагулированных комплексов. Под влиянием фосфоритных пластов накапливаются алюмо- и железифосфаты, связанные с органическим веществом, а также с глинистым компонентом. Высокое содержание гумусовых кислот, обусловлено, возможно, присутствием франколита (трехкальциевого фосфата), «закрепляющего» гуминовые вещества и способствующего консервации и «старению» гумуса.

На исследуемой территории могут сочетаться как процессы черноземообразования, буроземообразования, так и гумусонакопления, лессивирования и

оподзоливания. Их интенсивность зависит от обогащенности пород легковыветриваемыми первичными минералами, степени карбонатности, структурных и текстурных особенностей пород, условий водно-физического режима и солнечной инсоляции. Небольшая мощность профиля, высокая степень щебнистости (каменистости), невысокое количество мелкозема, грубогумусный состав органо-минеральных горизонтов обуславливают достаточно низкую буферную способность почв к загрязнению

На территории исследования мы выделили фосфатные, карбонатные, фосфатно-карбонатные, силикатно-карбонатные, фосфатно-силикатно-карбонатные геохимические классы ландшафтов. При оценке субстантивных параметров рассматриваемых фосфоритных почв возможно рассмотрение их выделения в особую группу Са-Р почв (с самостоятельным родом «фосфатоземов») с последующим ее делением по выщелоченности и ландшафтной принадлежности.

Имеющиеся сведения позволяют месторождения фосфоритов отнести к экологически высокоопасным. Из типоморфных для Хубсугульского месторождения элементов ртуть относится к I классу санитарно-гигиенической опасности, но ее аномалии локальны и малоконтрастны, фтор – II классу (с большими размерами ареалов), фосфор – биогенный элемент, опасность редких земель не изучена. По классификации, основанной на параметрах аномальных геохимических полей месторождений возможно формально отнести Хубсугульское месторождение к экологически среднеопасным. Опасность заключается в воздействии на биоту ландшафтов с фосфорной специализацией и очень большими объемами отходов (в случае открытой разработки месторождения), содержащих фосфор – лимитирующий фактор экосистемы оз. Хубсугул. Вскрытие коренных пород и рыхлых отложений нарушит и газовый режим этой территории. Имеющаяся информация позволяет обратить внимание на радиоактивную его составляющую. Эманионный поток от пластов фосфоритов позволяет трассировать перекрытые пласты под речными полосами, даже при наличии экранирования эманион почвенным покровом. Отмечается большая роль в этом процессе пеллитовой фракции рыхлых отложений. При отработке месторождения возможна активизация природно сбалансированной системы с повышением местного фона, повышением его динамики и разноса на большие расстояния по розе ветров. Будут нарушены и транспирационные ареалы (газово-жидкие) фосфора под растительным покровом. С их наличием, возможно, связаны аномальные содержания фосфора в фильтрате снеговой воды на акватории оз. Хубсугул. Ванадий, никель, фтор, ртуть – элементы с повышенным содержанием в среде месторождения, способные накапливаться в трофических цепях, – являются трансформерами, способными приводить к отдельным генетическим нарушениям в биоте. Для ландшафтов с фосфоро-марганцевой специализацией отмечена повышенная заболеваемость уролитиазом («уровской болезнью»). Горные ландшафты месторождения, где развиты вторичные ареалы фосфора и фтора, не благоприятны для постоянно проживания и сельского хозяйства.

Устойчивость почв и ландшафтов (определяемые как потенциал сохранения данной природной системой режима функционирования) формируется за счет способности сопротивляться внешнему воздействию посредством буферности (внутренний фактор) и способности сбрасывать с себя нагрузки на другие экосистемы благодаря положению в катене (внешний фактор). В случае возможных разработок месторождений фосфоритов, которыми богато Прихубсугулье, создается ситуация возникновения экологически опасного природно-геохимического поля, что может привести к значительным изменениям в элементном составе компонентов природной среды близлежащих территорий, попавших в зоны влияния вскрышных пород и подвергшихся процессам водной и ветровой эрозии. В данный момент природные комплексы находятся в сбалансированном состоянии. Разработка месторождения повлечет за собой эвтрофикацию части или всей акватории оз. Хубсугул (и оз. Байкал), гибель наименее устойчивых компонентов почвенной микробиоты, отдельных эндемиков фауны и флоры оз. Хубсугул. Сероводородное заражение потребует «геологических» периодов времени на восстановление их нынешней ультраолиготрофности.

Научные разработки и исследования, природная и эстетическая ценность ландшафтов Прихубсугулья послужили основой для создания в прибрежной зоне озера Хубсугульского национального природного парка и строго охраняемой территории «Хорьдол Сарьдаг», входящие в систему охраняемых территорий Байкальской рифтовой зоны и обеспечивающие помимо охраны уникальной экосистемы озера, сохранение эталонов природных комплексов, типичных для Хангай-Хентейской горной страны.

Литература

1. Soils of China, 1990
2. The Soil Atlas of China, 1986
3. Поверхностные воды и водный баланс оз. Хубсугул / Батсух Н. [др.] // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья в МНР. М. : Недра, 1976. С. 185–206.
4. Блисковский В. З. Вещественный состав и обогатимость фосфоритовых руд. М. : Недра, 1983. С. 112–115.
5. Кузнецов Г. А., Сульдин В. А. Геология и полезные ископаемые. Стратиграфия // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья в МНР. М. : Недра, 1976. С. 46–53.
6. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Заметки о почвах Киргизских степей // Тр. Вольно-экономического общества. СПб, 1890. № 2.
7. Мартынова Н. А. Экология почв фосфоритных ландшафтов котловины озера Хубсугул // Вестник ИрГСХА. 2010. № 40. С. 55–63
8. Розанов А. Ю. Древнейшие организмы и образование фосфоритов // Палеонтологические исследования в Монголии. 1989. № 9. С. 61–65
9. Тумурбатор Д. Закономерности сезонного промерзания и протаивания грунтов МНР // Тез. докл. и выступлений 1-й конф. по мерзлотоведению. Улан-Батор, 1983. С. 26–29.
10. Яншин А. А., Жарков М. А. Фосфор и калий в природе. Новосибирск : Наука, 1986. С. 6–29

SOIL-ECOLOGICAL CAPACITY AND FUNCTIONAL PECULIARITIES OF PHOSPHORITES SOILS OF MONGOLIAN HUBSUGUL-LAKE MOUNTAIN-VALLEY LANDSCAPES

Martynova N. A.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, natamart-irk@yandex.ru

The complex learning of morphogenetic and ecological features of Baikal-Hubsugul basin soils, processes of pedogenesis and migration of phosphorus in main types of mountain soils developed on outputs of Hubsugul deposits phosphorites rocks of Mongolia is conducted. The new actual information about the weakly investigated soils, complete information of their genesis and properties, potential ecological stability of soils, advanced on phosphorous-carbonate rocks of deposit is obtained.

Soil organic-mineral matrix by their virtue bioclimatic "reflectivity" determine of pedogenesis directions in given climate, generate to litogenic spectrum of soils of different carbonate and phosphate degree, which are complicated by stratigraphical and faccial variability of phosphate-(silica)-carbonate rocks in conditions of Prihubsugul mountain ecosystems with the open-ended circulation of materials. At tundra zone on phosphorite rocks there are formed of humus clay-illuviated carbolitozems, at forest zone – of burozems and gray methamorphic residual-carbonate soils; at steepe zone – of chernozems and kashtanozems and their combinations.

Investigated soils are characterized by a plenty of total and mobile phosphorus, that determine their original properties. The weathering of phosphorites rocks of southwest Hubsugul lake area produce to significant accumulation of silicate compounds as decomposition and carrying out of carbonates and else to residual accumulation of clayminerals and solid calcium-phosphorous humic coagulation complexes.

It is indicated, that carbonatic geochemical barrier has developed around geosystems under investigation. In aspect of mastering of a deposit possible consequences of intensified technogenic press on unique in natural and cultural attitude Hubsugul lake ecosystem are predicted.

Scientific research and studies, natural and aesthetic value of Hubsugul lake landscapes were served as basis for the creation at the lake coastal zone of national Park and strictly protected area «Chordal Saridag» within the system of protected territories of Baikal rift zone, which are providing of the unique ecosystems protection and maintaining models of natural complexes typical for the Khangai-Hentaikey mountainous country.

СТАБИЛИЗАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

**Н. А. Мартынова, В. М. Белоусов, Е. В. Шаброва,
Ю. А. Кришкевич, В. А. Инешин**

Иркутский государственный университет, Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

Байкало-Хубсугульская природная территория обладает своеобразными природными особенностями: разнообразными формами рельефа (от равнинных долинных до альпинотипных), сочетанием древнейших геологических пород и современных вулканических образований, соседством участков многолетне-мерзлых пород и выходов теплых минеральных источников и др. [2].

Для территории Тункинской долины, расположенной вдоль юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны, характерны резкая континентальность климата, большие амплитуды сезонных и суточных колебаний температуры воздуха и преобладание летних осадков, продолжительный морозный период, относительно малая увлажненность.

Сложное геологическое строение региона определяет большое разнообразие коренных пород (докембрия, протерозоя и палеозоя), что, наряду с растительным разнообразием и характером рельефа, определяет дифференциацию почвенного покрова и характер почвообразования. Тункинская суходольная впадина выполнена мощной толщей (до 2500 м) кайнозойских отложений, переслаивающихся с покровами неоген-четвертичных базальтов. Особыми формами рельефа днищ впадин являются расположенные на северо-востоке впадины молодые позднечетвертичные вулканы, сложенные лавами базальтов и вулканическими шлаками.

Различные генетические комплексы почвообразующих пород Тункинской котловины предопределили неоднородность ее почвенного покрова, имеющего ярко выраженное кольцевое распределение комплексов при переходе от днища котловины к ее бортам [3]. Один из важнейших уровней в каскадных ландшафтно-геохимических системах Тункинской котловины занимают таежно-степные пространства. В условиях сложного рельефа Тункинской котловины и ее горного обрамления общая направленность и характер процессов выветривания способствует преобладанию субаэральной дезинтеграции исходного природного материала и активному проявлению различных экзодинамических процессов, где доля естественной химической денудации невелика и варьирует в широких пределах. Почвенный покров территорий во многом отражает мозаичность горных пород и проявление многолетней и сезонной мерзлоты. Контрастной инверсии почв способствуют также гидротермический режим, крутизна склонов, их экспозиция.

Террасированные склоны Тункинской долины широко представлены покровными лессовидными отложениями верхнеплейстоценового (сартанского) возраста. Типично лессовые образования имеют сложный эолово-делювиальный, делювиальный и пролювиально-делювиальный (реже – аллювиально-пролювиальный и элювиально-делювиальный) генезис. Возраст эоловых отложений котловины – сартанский, т. е. составляет примерно 11 550–16 120 лет. Толщи лессовидных отложений в основном приурочены к долинам рек, а также к древним вулканическим конусообразным постройкам Тункинской котловины, образуя плащеобразные покровы на надпойменных террасах и на пологих склонах. Лессовые отложения являются результатом криогенного и флювио-гляциального разрушения различных по возрасту и составу пород средней юры, нижнего и верхнего кембрия и последующих сложных сингенетичных осадконакоплению и «дроблению» почвенно-элювиальных преобразований с участием процессов мерзлотно-диагенетического порядка, чему несомненно способствовал холодный и сухой континентальный климат, имевший место в пределах Байкальской Сибири на протяжении всего плейстоцена и голоцена. Чередование различных климатических условий похолодания и потепления привело к формированию сложных профилей почв. Характерной особенностью профилей исследуемых почв является включение вложенных микропрофилей погребенных почв и гумусовых горизонтов, что связано с различными этапами синлитогенеза, что подтверждается содержанием углерода и карбонатов, значениями pH.

Геоморфологические, геологические, мерзлотно-гидрогеологические и геодинамические факторы играют большую роль в формировании почвенного покрова Тункинской долины. В истории развития речных долин на юге Восточной Сибири в голоцене отмечена определенная цикличность экстремальных флювиальных событий при выпадении ливневых осадков в долинах рек, произошедших в конце XIX–XX вв., что характеризует регион как весьма динамичный. Отмечены гляциальный, паводковый и унаследованный характер, а также цикличность формирования и развития селей. Подобные селевые паводки характеризуются в Тункинской долине примерно в промежутках времени порядка 10 лет, что связано, по-видимому, с 11-летними циклами солнечной активности. Однако, паводки, подобные произошедшему в 2014 г. по мощности потока и имеют повторяемость – порядка 50 лет и более [1]. Огромные массы воды, скапливаясь в днищах ледниковых каров Тункинских Гольцов, приводят в движение моренные отложения, сохранившиеся здесь еще с последнего ледникового периода, чей возраст оценивается примерно в 10–12 тыс. лет. Они – продукты таяния древних ледников Тункинских Гольцов и сформировались в те времена, когда вечная мерзлота, отступив из прибайкальского региона в целом, оставила промороженные грунты карбонатно-глинистого материала на высотах от 2 тыс. метров и выше. Под влиянием ливневых осадков происходит периодически эрозионно-сдвиговый выброс грязекаменного потока из основного кара. Суглинисто-глинистая составляющая пролювиального материала оказывает большую роль в движении селевых и пролювиальных потоков и формировании почвенного покрова Тункинской котловины. Делювиально-

пролювиальные толщи отложений, протаивая из-за потепления климата на склонах, после ливневых и длительных осадков, характерных для исследуемой территории, подвергаются процессам смыва, сноса, солюфлюкции, чему способствуют образующие под талым грунтом водоупор замороженные горные породы, по которому стекают инфильтрационно-гравитационные воды.

Проведенное исследование морфогенетических особенностей почвенного покрова Тункинской впадины выявило сложное строение профилей почв, связанное с различными этапами синлитогенеза. В генезисе почв участвуют аллювиальные, пролювиальные, делювиальные и эоловые процессы.

В верхней части подгорной колювиально-пролювиальной равнины Тункинских гольцов под злаково-разнотравно-бобовыми березово-сосново-кедровыми лесами развиты темногумусовые глееватые натечно-карбонатные почвы с погребенными толщами серогумусовых почв (AUao-CRNg-BHg-[AYg-BCg]'-[AY-AYBMg-BMca,g-BCsa,g]"-[BCsa,g]""). Почвы сформированы на различных по гранулометрическому составу делювиально-пролювиальных отложениях и характеризуются щелочными значениями pH, возрастающими вниз по профилю (до 8,45). Содержание углерода варьирует от 0,4 до 0,7 % в горизонтах пролювия, и от 4,5 до 6,3 % – в гумусовых горизонтах современных почвенных толщ, и от 1,7 до 3,1 % – в погребенных гумусовых горизонтах. Содержание обменных Ca и Mg достаточно высокое и варьирует от 17 до 43 мг-экв/100 г почвы, увеличиваясь в гумусово-аккумулятивных толщах.

Экосистемы подгорного шлейфа Тункинской котловины и обрамляющих ее хребтов весьма разнообразны. Лесостепной пояс представлен сосново-лиственничной растительностью. Под багульниково-бобово-мохово-осоковыми березово-сосново-лиственничными лесами на лессовидных породах формируются темно – серые метаморфические элювиированные остаточные карбонатные почвы. Профиль почв: O-AO-AU-AUBT_{ca}-BT_{ca}-BC_{1ca}-BC_{2ca}-C_{1ca}-C_{2ca}-C_{3ca}. Под еловыми мертво-покровно-разнотравными осоково-моховыми с можжевельником лесами на аллювиально-пролювиальных отложениях формируются серогумусовые глееватые криогенно-мицелярные карбонатные почвы на погребенных синлитогенных аллювиальных серогумусовых глеевых криогенно-мицелярных почвах с профилем: O-AO-AY_{ca}-AYC_{ca}-BC_{ca}-C_{ca,g}-[AYC_{ca,g}-C_{ca,g}]'-[AYC_{ca,g}]"-[AYC_{ca}]"-III-[AH-AYBI_g-AC_{g,ca}~]^{IV}-[AYBI_{g,ca}~AYC_{g,ca}~]^V. Под кедровыми лиственнично-березово-сосновыми парковыми лесами развиваются серые ненасыщенные почвы на серии погребенных серогумусовых почв с профилем: O-AO-AEI-BEI-BC_f-[AYB_m~B_m]'-[AYm-AC]"-[AU-AUBI-BC]"-III-[AYm-BM]^{IV}-[AY_m-BM-BCsa]^V-[AY-BCg]^{VI}.

В средней равнинной части подгорного шлейфа Тункинских Альп под ельниками разнотравно-злаково-мохово-мертвопокровными на аллювиальных серогумусовых омергеленных толщах формируются серогумусовые элювиированные омергеленные почвы, а под заболоченными разнотравно-злаково-осоковыми лугами с березово-сосновым подростом и кизильниково-спирее-курильско-лапчатково-ивовым кустарниковым ярусом – формируются омергеленные торфяно-перегнойные глееземы. О пролювиально-наносном характере почвенного материала свидетельствует неравномерность варьирования щелоч-

ных значений pH по профилю вследствие разрушения карбонатных пород Тункинских Гольцов (графитизированных мраморов и продуктов их выветривания) и последующего их сноса пролювиальными потоками. Омергеление профиля за счет подтягивания карбонатов из насыщенных ими грунтовых вод способствует и биогенному обогащению почв обменными формами Са и Mg, и накоплению высоких количеств гумусовых веществ. Содержание обменного кальция преобладает как в современных, так и в погребенных горизонтах почв. Дерновая толща почв подвергается процессам элювиирования, чему способствует кислый характер опада ельников.

Среди важнейших факторов развития почв Тункинской котловины следует назвать криогенез и глеегенез – зональные факторы гипергенеза. Криогенное выветривание проявляется в попеременном промерзании-протаивании, характерном для территорий сезонного оттаивания грунтов криолитозоны, а также – сезонного и кратковременного промерзания. Влияние криогенеза и глеегенеза особенно сильно проявляется в лугово-болотных и болотных почвах, приуроченных к менее дренированным позициям, формирующимся вокруг болот Коймарского массива и занимающие часто приустьевые, участки днищ падей с пологим тальвегом.

Карбонатность и пылеватость лессовидных отложений Тункинской долины способствует формированию на них достаточно плодородных почв. Исследуемые почвы имеют гумусовый горизонт с высоким содержанием углерода и азота. Как правило, они обладают щелочным pH по всему профилю с тенденцией его возрастания вниз по профилю, имеют суглинистый гранулометрический состав и хорошо оструктурены. Они насыщены обменными основаниями, среди которых преобладает Са. Все это повышает, наряду с элювиальными позициями и хорошей дренируемостью экологическую устойчивость и плодородие почв Тункинской котловины.

Литература

1. Белоусов В. М., Мартынова Н. А. Результаты исследования селевого потока в поселке Аршан Тункинского района республики Бурятия (по наблюдениям во время учебных практик) // Почвы холодных областей: генезис, география, экология (к 100-летию со дня рождения профессора О. В. Макеева) : материалы науч. конф. с междунар. участием. Улан-Удэ : ФГБУН ИОЭБ СО РАН, 2015. С. 52–53
2. Мартынова Н. А., Лопатовская О. Г. Почвенный покров Тункинского национального парка // Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации : справ.-аналит. изд. / гл. ред. Г. В. Добровольский ; отв. ред. О. В. Чернова, В. В. Снакин, Е. В. Достовалова, А. А. Присяжная. М. : НИА-Природа – Фонд «Инфосфера», 2012. С. 119–122.
3. Мартынова Н. А. Экология и особенности генезиса горно-долинных почв Тункинской котловины // Почвы холодных областей: генезис, география, экология (к 100-летию со дня рождения профессора О. В. Макеева) : материалы науч. конф. с междунар. участием. Улан-Удэ : ФГБУН ИОЭБ СО РАН, 2015. С. 27–28.

STABILIZATION MECHANISM OF SOIL COVER ECOLOGICAL FUNCTIONING OF BAIKAL RIFT ZONE TUNKINSKII BASIN

***N. A. Martynova, V. M. Belousov, E. V. Shabrova,
J. A. Krishkevish, V. A. Ineshin***

Irkutsk State University, Irkutsk, natamart-irk@yandex.ru

The complex geological structure of the region defines a wide variety of indigenous breeds (Precambrian, Paleozoic and Proterozoic), which, along with the plant diversity and character of the relief determines of the soil cover differentiation and soil genesis. Among the most important factors in the development of Tunka basin soils should be called cryogenesis and gleegezis. The soil cover morphogenetic features study of of Tunka Basin revealed the complex structure of soil profiles associated with different stages sinlitogenezis. Into soils genesis there are involved of proluvial, talus and aeolian processes. Calcareous and silty loess deposits of Tunka Valley promotes the formation on them quite fertile soils. Test soils have humus horizon with a high content of carbon and nitrogen. They usually have an alkaline pH throughout the profile with a tendency of its growth down the profile. Soils are characterised of particle size distribution of loamy and good structure. They are rich about exchangeable kations, which are dominated by Ca. All this, along with the eluvial position and well drainability lead to increases of Tunka Basin environmental sustainability and soil fertility.

ВЛИЯНИЕ ЛЕССОВЫХ ПОКРОВОВ И КЕМБРИЙСКИХ ПОРОД НА СВОЙСТВА И РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ (ОКРЕСТНОСТЕЙ ПОС. БАЛАГАНСКА)

Н. А. Мартынова, С. Г. Швецов, В. М. Белоусов, А. Н. Комаров

Иркутский государственный университет, Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

Начало научному изучению почвенного покрова в лесостепной части Балаганского округа положили работы членов Восточно-Сибирского отделения Вольного-экономического общества (ВСОРГО) Н. Н. Агапитова и Я. П. Прейна. Н. Н. Агапитов [2; 3] параллельно работам В. В. Докучаева в Европейской России провел почвенно-ботаническое исследование, изучил проявление дефляции и эрозии почвенного покрова, предположив, что балаганские черноземы образованы на лессах. Я. П. Прейн (1890, [10]) развил представление об эволюционных генетических связях между различными почвами Балаганского округа и разработал первую для Предбайкалья классификацию почв, где основными таксонами являлись классы почв (по В. В. Докучаеву), подразделявшиеся на группы, исходя из почвообразующих пород. Эта первая сводка народных названий почв в Восточной Сибири включала такие почвы как: 1) «красные глины» (современные буроземы остаточно-карбонатные (2004 г) или дерново-карбонатные (1977 г.); 2) «гороховатые» или «крупинчатые» земли (современные черноземовидные или темно-серые глееватые (2004) или лугово-черноземные почвы (1977); 3) «пыхуны» и собственно «черно-земь» (или «буковина», «опухоль», «черные крепкие земли») (современные темносерые или черноземы глинисто-иллювирированные (2004) (или темно-серые лесные или черноземы выщелоченные (1977г); 4) «бузун, трунда» (современные темно-гумусово-глеевые (2004) или луговые (1977); 5) «глины мясниковые» (современные сильно эродированные дерново-элювоземы (глееватые) (2004)); 6) солонцы (современные солонцы темные, солончаки глеевые (2004) и др. Такое разнообразие названия почв связано с почвообразующими породами окрестностей Балаганска.

Балаганский район характеризуется резко континентальным климатом с большой амплитудой колебания температуры воздуха, как в годовом, так и в суточном разрезе [4]. Охлаждающее влияние на климат района оказывает Братское водохранилище. Среднегодовая температура воздуха (-2°C) отрицательная. На большей части исследуемой территории преобладает умеренное увлажнение с теплым летом. Среднегодовое количество осадков – 350–380 мм, в летний период осадков выпадает до 200 мм. Район характеризуется хорошо развитыми водораздельными пространствами, представленными участками полого-волнистого плато, связанными между собой эродированными склонами с пологонаклонными подсклоновыми поверхностями обломочных шлейфов, образованными вследствие денудационного выравнивания рельефа, начавшегося с

мел-палеогенового времени, что привело к накоплению красно-бурых суглинисто-глинистых отложений. Морфоструктуры района расчленены густой речной сетью.

В геологическом строении Балаганского района принимают участие осадочные терригенные породы платформенного чехла, для которого характерно двухъярусное строение. Нижний ярус чехла сложен древнейшими кристаллическими породами архейско-протерозойского возраста: гнейсами, гранито-гнейсами кристаллическими сланцами и известняками, кварцитами, гранитоидами. Верхний ярус представлен преимущественно осадочно-метаморфическими толщами палеозоя и кайнозоя, прорванными местами магматическими телами послекембрийского возраста [6].

Почвообразующими породами в юго-западной части пос. Балаганск на водораздельных пространствах служат элювиальные отложения кембрийских красноцветных отложений (алевролитов). В западной и северо-западной части пос. Балаганск и его окрестностях почвообразующими породами служат толщи лессовых и лессовидных карбонатных отложений.

Лессы – осадочная горная порода, неслоистая, пористая, состоящая из сцементированной известковистой пыли (алеврита), тонкозернистого кварца и глины, часто с включением конкреций углекислого кальция, обладающая просадочностью. Лессы – весьма сложные природные объекты – являются полидисперсными, полиминеральными образованиями с различными типами структур, формируются в результате различных эолового приноса пыли, делювиального литогенеза, сингенетических генетических, диагенетических и эпигенетических процессов выветривания и почвообразования в засушливом степном (семиаридном) климате [5]. Лессовидные породы – осадочные породы морфологически напоминающие лесс и отличающиеся наличием слоистости и прослоев галечников, более глинистым или более песчаным составом. Часто залегают в виде небольших прослоев среди аллювиальных галечников.

Большое разнообразие факторов приводит к разнотипности лёссовых пород как по составу, так и по строению. До настоящего времени не существует обобщающей теории их происхождения лессов и лессовидных глинистых пород, имеющих на территории Прибайкалья достаточно широкое островное и прерывистое распространение. Выделяют несколько гипотез:

- *эоловое происхождение* – лёссовый (пылеватый) материал переносится и откладывается в бессточных впадинах ветром и дождевой водой;
- *водное и водно-ледниковое происхождение* – в результате смыва и последующего переотложения склоновых пород, переноса и накопления материала в речных долинах и озерах, а также переноса и накопления лёссовых отложений водно-ледниковыми потоками;
- *делювиальное происхождение* – за счет их перемещения с вершин возвышенностей на прилегающие участки делювиальными потоками (склоновыми дождевыми, тальными водами).
- *почвенно-элювиальное и полигенетическое происхождение* – пылеватые отложения могут накапливаться любым путем, а их превращение в лёсс

со всеми специфическими признаками этой породы происходит в результате почвообразования и выветривания – облессовывания.

Большинство исследователей считает, что толщи типичных лессов, распространенных в полосе с умеренным и семиаридным климатом, возникли в ледниковые эпохи в перигляциальной зоне.

С изменением климата в прошлые эпохи тесно связана и динамика почвенно-растительных сообществ. Палеогеновый период характеризуется крупным перерывом в тектонических движениях, который обусловил крайнюю замедленность денудационных процессов на юге Восточной Сибири, что было возможно только в условиях тектонического покоя и низкого плоского рельефа [8]. В палеогене на юге Сибири начали образовываться растительные сообщества современного типа. Со среднего эоцена появились представители современных родов растений, максимальное развитие которых наблюдалось в олигоцене. На рассматриваемой территории были распространены широколиственные леса тургайского типа с тсугой, орехом, грабом, вязом, кленом, лещиной, дубом; местами встречались липа, дзельква, магнолия. По высоким террасам долин и сухим межгорным понижениям были распространены травянистые ксерофитные сообщества [11]. Мощные тектонические движения неогена, в начале антропогена, и похолодание климата резко изменили растительный покров. Похолодание климата, а затем и аридизация, привели к полному распаду тургайской флоры. Представители ее были замещены мелколиственными породами. Из широколиственных же сохранились отдельные виды вяза, граба, липы, ореха, дуба.

Плейстоценовый период в истории Сибири был ознаменован крупными климатическими изменениями глобального характера и большой тектонической активностью, окончательно оформившей горные системы юга Восточной Сибири [8]. Во второй фазе раннесартанского времени Sr2 (примерно 21–18 тыс. лет назад – климатический минимум плейстоцена) сильнейшая аридизация климата привела к деградации лесов, прекращению солифлюкционных и распространению – эоловых процессов, способствовала широкому распространению в регионе степной и полупустынной растительности (тундростепь) с примитивным почвообразованием. В промежутке времени 18–11 тыс. лет назад (Sr2-Sr4) широкое распространение получили холодные криоксерофитные степи, сопровождавшиеся фазами потеплений (усиливавших почвообразовательные процессы с формированием погребенных малогумусных горизонтов) и похолоданий (усиливающих эоловые процессы). Поздний сартан Sr4 (14–11 тыс. л. н.) – характеризуется развитием холодных степей с разреженными лесами и усилением эоловых процессов, способствовавших эоловому переносу и рассеиванию пылеватых частиц. В сартанское время активно шел процесс накопления пылеватых лессовидных отложений.

Голоцен от позднеледниковья плейстоцена на рубеже 11700 ± 99 л. н. ограничивает оледенение позднего дриаса, связанное с возможным столкновением Земли (12,9 тыс. л. н.) в районе Мексики с космическим кометоподобным телом (похожим на Тунгусский метеорит, с диаметром 150 м и энергетической мощностью в 15 мегатонн), но с гораздо большими размерами (4 км шириной и

107 мегатонн энергии), раздробившимся в атмосфере [1], что не оставило на поверхности Земли кратера или каких-либо видимых повреждений и привело к значительному изменению (похолоданию) климата на Земле. В голоцене происходили глобальные изменения климата, обусловленные возрастанием скорости вращения планеты, с чем скоррелированы извержения вулканов, спрединг океанического дна и активизация тектоники плит.

Весьма резкий характер границы между сартанской и голоценовой частью почвенного профиля рассматривается сегодня как результат очень резких (в геологическом масштабе времени) и кардинальных изменений природно-климатической обстановки, предположительно связанных с импактом [7].

Климатические и орографические факторы, обусловившие развитие в Сибири оледенений, привели к почти беспрепятственному обмену видами между различными горными системами юга Сибири, обогащая флору степей. В период около 11 тыс. л. н. в Сибири господствовали тундровые ландшафты, широко была распространена многолетняя мерзлота. Резкое похолодание привело к развитию множества криогенных трещин, проникающих в многолетнюю мерзлоту, где на конце трещин образовывались ледяные ядра, что привело к формированию бугристо-западинного рельефа.

Результатом постледниковой является широкое распространение в Иркутской области лессовых и лессовидных отложений возможно, флювиально-эолового генезиса. Лессовые отложения распространены по всей Балаганской степи. Мощность лессовидных наносов составляет до 1 м и более, может достигать местами 4–5 м. Лессовый покров Балаганского района сформировался в постплиоценовое время преимущественно за счет эолово-делювиального процесса с возможным участием педогенного. Процессы лессообразования неоднократно прерывались в межледниковья, о чем свидетельствует чередование в разрезах горизонтов лессов и погребенных почв. Лессы плащом покрывают продукты выветривания как кембрийских алевролитов, так и их смесей с лессовыми отложениями. По низовьям рек наблюдается плащ делювиальных суглинков красноватого цвета от размывания коренных кембрийских отложений. В плейстоцене во время холодного и сухого сартанского периода на исследуемой территории, как нам видится, на элюво-делювии вышедших на поверхность кембрийских красноцветных алевролитов и лессовидных отложений формировались почвы по типу криоаридных палевометаморфических почв. Аридизация климата способствовала содообразованию и криогенной аккумуляции углекислого кальция в почвах региона.

Б. В. Надеждиным [9] были определены два эволюционных ряда развития почв: водораздельный и долинный. В постледниковый ксеротермический климат среднего голоцена (~7000 л. н.) в связи с деградацией многолетней мерзлоты и ксерофитизацией растительности, возникшей тенденцией к остепнению, как главного направления эволюции, на лессовидных породах, перекрывших плащом плейстоценовые почвы, начали развиваться достаточно плодородные почвы черноземного типа с преимущественно гуматным типом гумуса, усиливались процессы метаморфического оглинивания почв. Это коррелирует с дан-

ными палеогеографии о простираии степей до 60° с. ш. в эпоху климатического оптимума голоцена.

В среднем голоцене (2500–7700 л. н.) лесная зона сдвигалась на север и доходила до берегов Ледовитого океана. На территории области распространение получили почвы со вторым гумусовым горизонтом (гуматно-кальциевого типа). В южной части лесной зоны и в зоне лесостепи сформировались серые (лесные) и дерново-подзолистые почвы, которые могут быть реликтом степных, луговых или лугово-болотных почв, сформировавшихся в ксеротермическом климате среднего голоцена (~7000 л. н.) и подвергшихся затем (вторично) оподзоливанию под влиянием надвинувшейся темнохвойной тайги вследствие значительного похолодания и смещения климатических зон.

При последующем похолодании климата в субатлантическом периоде (2500–0 л. н.) и смещении к югу границ тундровой и лесной растительности – происходит «обратная» эволюция почвенного покрова. Среднеголоценовые черноземы (текстурно-карбонатные) эволюционировали в черноземы глинисто-иллювиальные, в темно-серые и серые метаморфические почвы, а серые (лесные) почвы – в дерново-подзолистые и буроземные почвы. Местами нижняя часть гумусового горизонта сохранилась в виде второго гумусового горизонта более темного цвета.

В тонкодисперсных фракциях лёссовых пород встречается до 25 коллоидно-дисперсных минералов. Среди них наиболее распространенными, слагающими основную часть тонких фракций лёссовых пород являются гидрослюды, кварц, кальцит, монтмориллонит и каолинит. Лёссовые породы в соответствии с особенностями своего состава имеют в большинстве случаев небольшую емкость обмена (10–20 мг-экв на 100 г грунта) и лишь в тяжелых лёссовидных породах она повышается (до 30–40 мг-экв на 100 г грунта) с преобладанием кальция и магния, вызывающих сильную агрегацию тонкодисперсных фракций и подавление «глинистых» свойств почв.

Зрелые почвы, формирующиеся на лессах и лёссовидных породах, характеризуются темно-бурой или коричнево-бурой окраской, хорошей агрегированностью и оструктуренностью с комковато-порошистой рассыпчатой структурой, хорошей порозностью, средне-тяжело-суглинистым до глинистого гранулометрическим составом, близкой к нейтральной до щелочной реакцией среды; большой поглотительной способностью с высокой насыщенностью катионов; элювиированием карбонатов из гумусовой толщи, рыхлым сложением достаточно мощной гумусовой толщи с высоким уровнем содержания углерода, отсутствием выраженных карбонатных новообразований. Часто криогенное влияние мерзлоты проявляется в виде плитчатого сложения плотных окаربонатенных отдельностей с их бурным вскипанием. Благодаря дисперсности, карбонатности, пористости и генезису лёссовые породы весьма благоприятны для почвообразования и способствуют формированию на них весьма плодородных почв.

На остепненных пространствах формируются черноземы глинисто-иллювиальные дисперсно-карбонатные метаморфизованные (**AUo-AU-BIdc(sn)-BCAm-BCca,m-Cca**) с нейтральным рН почвенного раствора в гуму-

совой толще с его увеличением до 9,2 (pH_{H_2O}) в горизонте Cca. Почва богата гумусом, насыщена обменными катионами (48–57 мг-экв/100 г).

На пологих склонах под полынно-злаковой степной растительностью на элюво-делювии кембрийский красноцветных алевролитов развиваются черноземы текстурно-карбонатные дисперсно-карбонатные (**AU-AUBIdc-CATdc-BMdc-Bca,m-Cca**). Под кронами разнотравно-злаковых березовых разреженных лесов развиты темно-серые метаморфические остаточные карбонатные почвы (**AO_(f+h)-AU_{ao}-AU-A_{el}-BMt,ca-[CAT-BCA-BCca-Cca]**). Под травянисто-сосновыми лесами приводораздельных пространств увалов формируются дерново-подзолистые ожелезненные ненасыщенные остаточные карбонатные почвы (**O-AU-EL-BEL-BTF-BT-BC-Cca**) со слабо кислой pH профиля и невысоким содержанием гумуса. На пониженных участках и на склонах северных экспозиций под сосново-березовыми травянистыми лесами развиваются серые метаморфические элювиированные остаточные мицеллярно-карбонатные почвы (**O-AU_{ao}-AU_{el}-BMt-[AJ-BMKtr,mc-BCmc]**).

На выровненных водораздельных поверхностях «столовых гор» и увалов Братского водохранилища в окрестностях пос. Игжей и пос. Балаганск под разнотравно-мертвопокровными сосновыми и сосново-березовыми лесами формируются буроземы элювиированные остаточные мицеллярно-карбонатные суглинисто-глинистые: на элюво-делювии кембрийских красноцветных пород (**O-AO-AU-[BMmc-BCm,mc-Cm,mc]**) и на лессовых отложениях, перекрывающих кембрийские алевролиты (**O_l-AO_m-AU_{el}-B_{Mi}-[AJca-BMK-CAT-Cca-Dca]**) с щелочной реакцией среды, невысоким содержанием гумуса, и высоким – обменных катионов.

Лессовидные породы разных районов Байкальской Сибири способствуют формированию на них почв схожего генезиса и свойств. Благодаря дисперсности, карбонатности, пористости и генезису лессовые породы и алевролиты кембрийского возраста весьма благоприятны для почвообразования и способствуют формированию на них плодородных почв. Различия определяются преимущественно выщелоченностью профиля от карбонатов, гранулометрическим составом и климатическими особенностями района, что приводит к формированию разнообразных типов и подтипов дерново-подзолистых почв и буроземов, серых и темно-серых метаморфических, черноземов.

Таким образом, исследуемые почвы имеют сложное полигенетическое строение, отражающее различные периоды саморазвития с изменением природных условий на протяжении голоцена и позднего плейстоцена. Преимущественно в холодные интервалы, когда преобладал ветровой механизм аккумуляции в Сибири формировались лессовые покровы. В теплые межледниковые интервалы формировались лессовые отложения ветрового и педогенного механизмов генезиса – с аккумуляцией биогенного кремнезема и диатомовых водорослей. Граница голоцена и плейстоцена в исследуемых почвах находится часто на глубине 40–60 см. Лесные почвы окрестностей пос. Балаганск сформированы на погребенных ксеро-палео-метаморфических (осолоделых) почвах, являющихся реликтами почвообразования плейстоценового периода. Местами в регионе выявляются даже области реликтовой текстурной дифференциации

почв, развитых на суглинках. Современный горизонт В сформировался на границе Атлантики и Суббореала (Воробьева Г. А.). Процессы голоценового и современного почвообразования последовательно наложены на результаты многих периодов саморазвития, соответствующих изменению природных условий на протяжении голоцена и сложно интегрированы в профили более древних почв.

Литература

1. Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling / R. B. Firestone [et al.] // PNAS. 2007. Vol. 104, N 41. 16017.
2. Агапитов Н. Н. К вопросу о происхождении чернозема // Изв. Вост.-Сиб. отдела Рус. геогр. общества. 1881. Т. 9, № 3–4. С. 16–17.
3. Агапитов Н. Н. Краткий отчет о поездке в Балаганский и Иркутский округа, совершенный летом 1877 года // Изв. Вост.-Сиб. отд. Рус. геогр. Общества. Иркутск, 1878. Т. 9, № 3.
4. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 92 с.
5. Берг Л. С. О почвенной теории образования лёсса // Изв. Геогр. ин-та. 1926. Вып. 6. С. 73–92.
6. Иркутская область (Природные условия административных районов) / Н. С. Беркин, С. А. Филлипова, В. М. Бояркин, А. Н. Наумова, Г. В. Руденко. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.
7. Воробьева Г. А., Бердникова Н. Е. Природные и культурные феномены Прибайкалья на рубеже плейстоцена и голоцена // Тр. II (XVIII) Всерос. археол. съезда в Суздале. Т. 1. М. : ИА РАН, 2008. С. 53–55.
8. Логачев. Н. А., Ломоносова Т. К., Климанова В. М. Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М. : Наука, 1964. 196 с.
9. Надеждин Б. В. Лено-Ангарская лесостепь. М. : АН СССР, 1961 327 с.
10. Прейн Я. П. Очерк почв Балаганского округа // Материалы по исследованию землепользования и хозяйственного быта Иркутской и Енисейской губернии. 1890. Т. II, вып. 5. С. 64–83.
11. Чернышева О. А. Особенности современного распространения реликтовых сосудистых растений Верхнего Приангарья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2012.

THE INFLUENCE OF LOESS COVERS AND CAMBRIAN ROCKS ON THE PROPERTIES AND DIVERSITY OF SOILS OF IRKUTSK REGION (OF BALAGANSK-VILLAGE AREA)

N. A. Martynova, S. G. Shvetsov, V. M. Belousov, A. N. Komarov
Irkutsk State University, Irkutsk, natamart-irk@yandex.ru

Loesslike rocks of different areas of the Baikal Siberia of a similar soil genesis and properties formation on them are contributed. Due to their dispersion, carbonate, porosity properties and genesis the loess rocks and siltstones of the Cambrian age are very favorable for soil formation and the of fertile soils formation at them are promoting. The differences are determined primarily of profile leaching about carbonates, particle size distribution and climatic characteristics of the area, which leads to formation of diverse types and subtypes of sod-podzolic soils and brown earth, gray and dark gray metamorphic soils and chernozems.

The studied soils have palingenesis complex structure, reflecting various periods of self-development with changing environmental conditions during Holocene and late Pleistocene. Mainly during the cold intervals when the prevailing wind the accumulation in Siberia there were formed

the loess cover. Warm interglacial intervals have been formed loess deposits of wind and pedogenic genesis – with the accumulation of biogenic silica and diatoms.

The boundary of Holocene and Pleistocene in the studied soils is often at a depth of 40–60cm. Forest soils of the surroundings of the village Balagansk were formed on the buried xero-paleo-metamorphic (possible, soltanie) soils, which are relics of Pleistocene soil formation. Sometimes, in the region there is identified places with relict textural differentiation of the soils developed on loam. Modern soil-B horizon had been formed on the border of the Atlantic and Subboreal. The Holocene and modern soil formation processes are consistently imposed into results of self-development during many periods, which are appropriate to environmental conditions changing during Holocene and are difficulty integrated into the profile of the older soils.

РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЦЕНТРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И СОВРЕМЕННУЮ ЭПОХУ (ГОЛОЦЕН)

Панин П. Г., Морозова Т. Д., Величко А. А.

Институт географии РАН, Москва, paleosoil@mail.ru

Развитие почвенного покрова во времени – одна из наиболее важных проблем эволюционной географии. Палеогеографические исследования показывают, что решение таких актуальных проблем, как прогноз ландшафтно-климатических изменений, не может быть корректно осуществлено без всестороннего анализа закономерностей формирования основных природных компонентов прошлого, в том числе, и почвообразования. Территория центра Восточно-Европейской равнины является одним из ключевых районов, где имело место неоднократное чередование межледниковых и перигляциальных обстановок со сложным сочетанием процессов почвообразования, лёссонакопления и криоморфогенеза, которые наиболее чётко отражают особенности природно-климатических изменений в среднем и позднем плейстоцене [1; 4].

Предлагаемое исследование базируется на материалах изучения палеопочв позднего и среднего плейстоцена в пределах центра Восточно-Европейской равнины. Здесь были рассмотрены следующие разрезы: Гололобово [8; 12; 14; 21], Ожерелье [12; 13], Михнево [12], Суворотино 1–2000 [8; 12; 13], Боголюбово [3; 20], Лихвин [8; 21], Брянск [2; 11], Арапович [11], Коростелёво [6–8], Себряково-Михайловка [8; 22], Стрелица [8; 15], Гуньки [10] в которых вскрывались поздние (мезинский ПК, брянский интервал) и среднеледниковые (каменный ПК и инжавинский ПК) почвенные комплексы и современные почвы. Под почвенными комплексами мы понимаем совокупность интерстадиальной и межледниковой палеопочв, в ряде случаев разделенных лёссовым горизонтом, который во время почвообразования мог войти в состав профилей этих палеопочв [4]. Согласно хроностратиграфическим данным [5] почвы брянского интервала относятся к МИС 3, микулинского межледниковья к МИС 5е, каменского межледниковья к МИС 7, лихвинского межледниковья к МИС 9.

При исследовании лёссово-почвенных серий использовались следующие методы – морфологическое описание разреза, физико-химический анализ лёссово-почвенных образцов (рН, содержание гумуса, органического вещества, полуторных оксидов железа, оксидов кремния и алюминия, карбонатов, суммы обменных катионов и гранулометрический состав), определение минералогического состава [16–18] и микроморфологическое описание шлифов [12; 14; 15].

В результате комплексного подхода изучения лёссовых разрезов центра Восточно-Европейской равнины, мы смогли диагностировать основные типы почвообразования и выявить преобладающие процессы, которые участвовали в формировании почвенного покрова в разные эпохи (рис. 1).

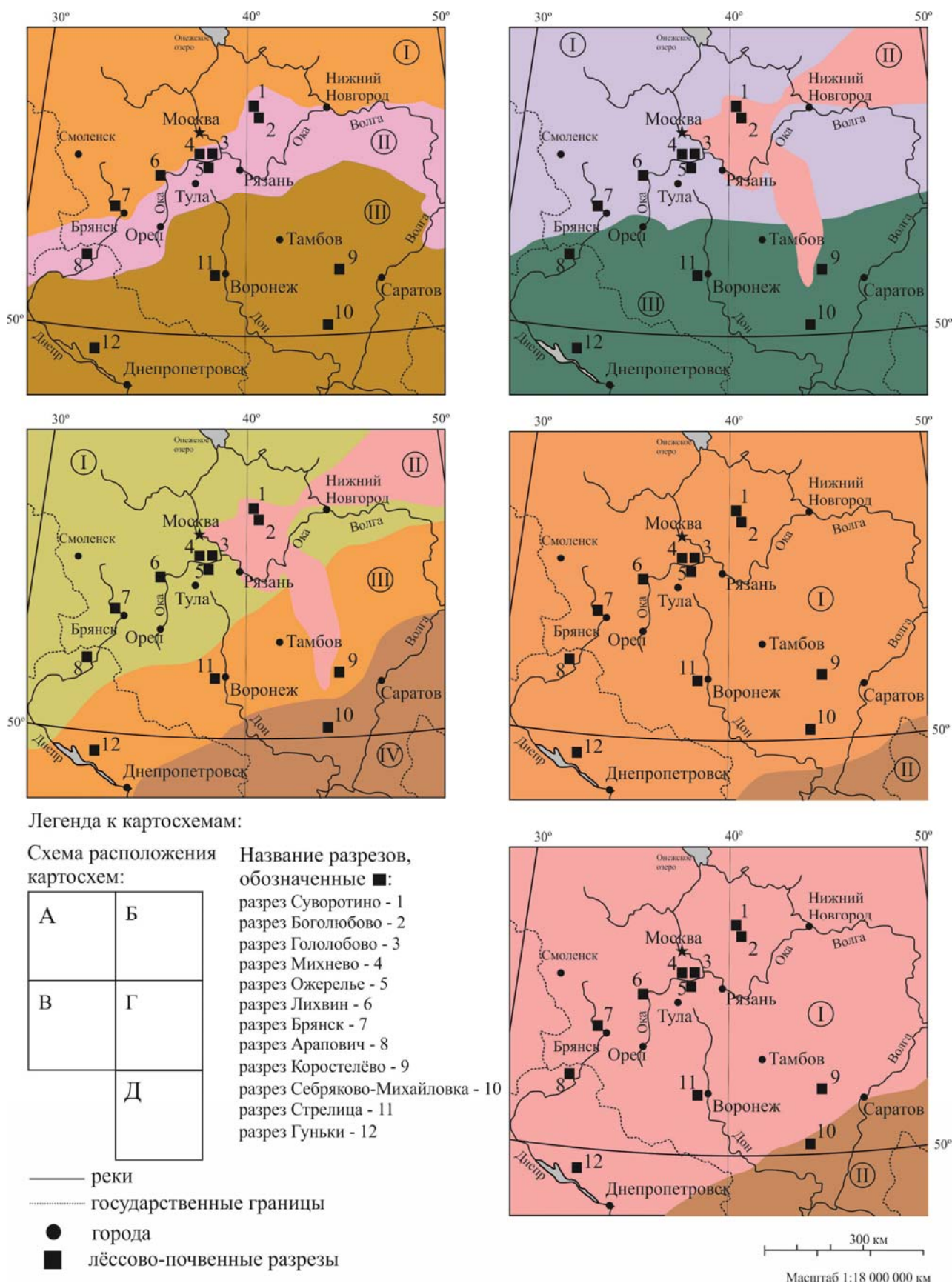


Рис. 1. Почвенный покров центра Восточно-Европейской равнины в позднем и среднем плейстоцене и современную эпоху

На рис. 1 представлены картосхемы почвенного покрова позднего и среднего плейстоцена и современной эпохи. На картосхемах цифрами и цветом обозначены ареалы распространения почвенного покрова.

На картосхеме А представлен современный почвенный покров, I – дерново-подзолистые почвы, II – серые лесные почвы, III – комплекс черноземов выщелоченных, типичных, оподзоленных.

Картосхема Б (разработана А. А. Величко, Т. Д. Морозовой, А. И. Цацкиным, С. А. Сычевой) [9, 19] – почвенный покров брянского интервала (32–25 тыс. лет назад), I – мерзлотно-глеевые почвы в сочетании с дерновыми мерзлотно-глеевыми иллювиально-карбонатными, II – мерзлотные почвы на песках в сочетании с дерновыми мерзлотно-глеевыми и дерновыми мерзлотными иллювиально-карбонатными на лёссах, III – дерновые мерзлотно-глеевые иллювиально-карбонатные в сочетании с дерновыми мерзлотными иллювиально-карбонатными.

Картосхема В (разработана А. А. Величко, Т. Д. Морозовой, А. И. Цацкиным, С. А. Сычевой) [9, 12, 19, 23] – почвенный покров микулинского межледникового (135–117 тыс. лет назад), I – текстурно-дифференцированные лессивированные почвы, II – дерново-подзолистые почвы в сочетании с выщелоченными черноземами, III – черноземы (выщелоченные) в комбинации с лугово-черноземными почвами и элювиально-глеевыми почвами западин (северная лесостепь), IV – черноземы (типичные) в сочетании с лугово-черноземными почвами западин (южная лесостепь).

Картосхема Г – почвенный покров каменского межледникового (200–250 тыс. лет назад) [12, 13, 14, 19, 23], I – бурые лесные лессивированные почвы с признаками процессов оглинивания и лессиважа, II – буровато-серые и коричневатого-серые почвы в сочетании с почвами черноземных степей, с участием процессов оглинивания и метаморфизма.

Картосхема Д – почвенный покров лихвинского межледникового (380–410 тыс. лет) [12, 13, 14, 19, 23], I – текстурно-дифференцированные почвы формировались по элювиально-иллювиальному типу с участием процесса лессиважа, но также и с существенным участием процессов поверхностного оглеения или оподзоливания, II – черноземовидные прерийные почвы, сильногумусированные, отражающие гумусоаккумулятивную природу ведущих процессов почвообразования.

Литература

1. Величко А. А. Проблемы корреляции плейстоценовых событий в ледниковой, перигляциально-лессовой и приморской областях Восточно-Европейской равнины // Проблемы палеогеографии лессовых и перигляциальных областей. М. : Ин-т географии АН СССР, 1975. 176 с.
2. Величко А. А., Морозова Т. Д. Микулинская ископаемая почва, ее особенности и стратиграфическое значение // Антропоген Русской равнины и его стратиграфические компоненты. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 164 с.
3. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие / А. А. Величко, Т. Д. Морозова, В. П. Нечаев, О. М. Порожняков. М. : Наука, 1996. 150 с.

4. Величко А. А., Морозова Т. Д., Панин П. Г. Почвенные полигенетические комплексы как системный феномен плейстоценовых макроциклов // Изв. РАН. Сер. геогр. 2007. № 2. С. 44–54.
5. Величко А. А., Писарева В. В., Фаустова М. А. Проблемы периодизации и корреляции ледниковых и перигляциальных этапов квартера Восточной Европы // VIII всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований» : сб. ст. (г. Ростов-на-Дону, 10–15 июня 2013 г.). Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. 764 с.
6. Глушанкова Н. И. Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене. М. ; Смоленск : Маджента, 2008. 348 с.
7. Глушанкова Н. И. Строение, состав и условия формирования новейших отложений в бассейне Верхнего Дона (по материалам изучения разреза Коростелево) // Литология и полезные ископаемые. 2012. № 3. С. 231–244.
8. Длусский К. Г. Среднеплейстоценовое почвообразование центра Восточно-Европейской равнины : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2001. 24 с.
9. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. Атлас-монография «Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний плейстоцен – голоцен – элементы прогноза». Вып. 2. Общая палеогеография / под ред. А. А. Величко. М. : ГЕОС, 2002. 232 с.
10. Лёссово-почвенная формация Восточно-Европейской равнины. Палеогеография и стратиграфия / отв. ред. А. А. Величко. М., 1997. 144 с.
11. Морозова Т. Д. Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене / отв. ред. А. А. Величко. М. : Наука, 1981. 282 с.
12. Панин П. Г. Особенности строения межледниковых и интерстадиальных почвенных комплексов позднего и среднего плейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // Почвоведение. 2007. № 2. С. 145–159.
13. Панин П. Г. Особенности строения почв центра Восточно-Европейской равнины в среднем и позднем плейстоцене и в современную эпоху (голоцен) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2007. 24 с.
14. Панин П. Г. Палеопочвы как индикатор изменения климата в позднем и среднем плейстоцене центра Восточно-Европейской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015 № 5. С. 69–82.
15. Цацкин А. И., Чижикова Н. П. О почвообразовании в плейстоцене в бассейне Верхнего Дона по микроморфологическим и минералогическим данным // Почвоведение. 1990. № 12. С. 94–106.
16. Чижикова Н. П., Морозова Т. Д., Панин П. Г. Минералогический состав тонкодисперсной части и микроморфология палеопочв и лёссов позднего и среднего плейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // Почвоведение. 2007. № 12. С. 1500–1512.
17. Чижикова Н. П., Панин П. Г. Информативность тонкодисперсной части палеопочв и лёссов позднего и среднего плейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2007. Вып. 59. С. 28–41.
18. Чижикова Н. П., Панин П. Г. Тонкопылеватая фракция палеопочв и лёссов – память о былых процессах // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2008. Вып. 61. С. 21 – 34.
19. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразия природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / отв. ред. В. Н. Кудеяров, И. В. Иванов. М. : ГЕОС, 2015. 925 с.
20. Loess and Paleoenvironment. Abstracts and Field Excursion Guidebook / Dodonov A. E., Velichko A. A. (eds.). Moscow, May 26 – June 1, 2003. Publishing House «GEOS», 2003. 118 p.
21. Quaternary stratigraphy and optical dating of loess from the east European Plain (Russia) / Edward C. Little, Olav B. Lian, Velichko A. A., Morozova T. D., Nechaev V. P., Dlussky K. G., Rutter N. W. // Quaternary Science Reviews. 2002. Vol. 21. P. 1745–1762.

22. Matuyama–Brunhes boundary in key sections of the loess–paleosol–glacial formations on the East European Plain / Velichko A. A., Semenov V. V., Pospelova G. A., Morozova T. D., Nechaev V. P., Gribchenko Yu. N., Dlusskii K. G., Rutter N., Catto N., Little E. // *Quaternary International*. 2006. Vol. 152–153. P. 94–102.

23. Progressively cooler, drier interglacials in southern Russia through the Quaternary: Evidence from the Sea of Azov region // Velichko A. A., Catto N. R., Kononov Yu. M., Morozova T. D., Novenko E. Yu., Panin P. G., Ryskov G. Ya., Semenov V. V., Timireva S. N., Titov V. V., Tesakov A. S. // *Quaternary International*. 2009. Vol. 198. P. 204–219.

DEVELOPMENT OF SOIL COVERING CENTER EAST EUROPEAN PLAIN IN PLEISTOCEN AND THE MODERN AGE (HOLOCENE)

Panin P. G., Morozova T. D., Velichko A. A.

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, paleosoil@mail.ru

In sections of the loess-soil series of the Central part of the East European plain, the Mikulian interglacial paleosoils were formed according to texture-differentiated type with predominance of the processes of lessivage and possible podzolization in similar climatic conditions with modern climate. The Kamenka interglacial paleosoils contained the signs of the processes of argillization and lessivage and were formed in more humid conditions than the Mikulian interglacial paleosoils. The Inzhavino interglacial paleosoils were formed under forest vegetation, where the texture and differentiated paleosoils were formed by eluvialilluvial type involving process of lessivage, as well as with significant involvement of the processes of surface-gleying or podzolization. It points to conditions, similar to conditions of formation of the Kamenka interglacial soils, but with more intense processes of hydromorphism. Interstadial paleosoils of the late and middle.

ЭВОЛЮЦИЯ ДЕРНОВО-ГЛЕЕВЫХ И ТОРФЯНИСТО-ГЛЕЕВЫХ ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Пироговская Г. В.

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь,
brissa_pir@mail.ru

Одной из проблем интенсификации сельскохозяйственного производства, является рациональное использование почв, в том числе и дерновых заболоченных и торфянисто-минеральных.

Объектами исследований являлись дерновые заболоченные почвы, развивающиеся на песках и супесях, лессовидных суглинках и озерно-ледниковых глинах, а также деградированные торфяные почвы.

В настоящее время в Республике Беларусь, по данным крупномасштабных почвенных обследований, дерновые заболоченные почвы под сельскохозяйственными землями занимают всего 790,7 тыс. га, в том числе, развивающихся на глинистых и тяжелосуглинистых породах – 4,3, средне- и легкосуглинистых – 135,9, супесчаных – 399,8 и песчаных почвах 250,7 тыс. га. В структуре землепользования на долю пахотных почв приходилось 275,1 тыс. га, сенокосных угодий – 203,9, пастбищных – 310,9 и под другими сельскохозяйственными культурами – 0,8 тыс. га [1].

Антропогенно-преобразованные почвы в Республике Беларусь составляли 258,8 тыс. га, из них деградированных торфяных – 190,2 тыс. га, в том числе в Брестской области – 62,97, Витебской – 10,06, Гомельской – 57,54, Гродненской – 0,19, Минской – 51,35, Могилевской – 8,12 тыс. га. На долю почв с содержанием органического вещества менее 20 % (деградированных минеральных остаточных торфяных и минеральных постторфяных) приходилось 74 % от общего количества. Остальные 26 % составляли деградированные торфяно-минеральные почвы с содержанием органического вещества 20,1–50,0 %. Из общего количества исследуемых почв под сенокосами и пастбищами занято 65–80 % почв с содержанием органического вещества от 20 % до 50 % и 55–67 % площадей почв с содержанием органического вещества менее 20 % [1].

Дерновые заболоченные почвы обладают высоким потенциальным плодородием. Формированию этих почв в Северной умеренно-теплой и влажной агроклиматической области Республики Беларусь способствуют тяжелые почвообразующие породы богатого минералогического состава, большое количество атмосферных осадков и низкий дефицит влажности воздуха; в Центральной, теплой, умеренно влажной области – развитие их определяется преобладанием двучленных почвообразующих пород и рельефом водораздельных равнин, расчлененных сточными и проточными ложбинами; в Южной теплой, неустойчиво влажной области – это грунтовое увлажнение почв, высокий дефицит влажности воздуха (большие площади этих почв находятся в Полесье, преимуще-

ственно, под широколиственными (ясеновыми, дубовыми и черноольховыми лесами).

Дерновые заболоченные почвы как грунтового, так и поверхностного увлажнения формируются в открытых понижениях рельефа, и лишь изредка в периферийных частях крупных бессточных ложбин, где обеспечивается точность грунтовых или склоновых вод с дополнительным поступлением веществ из грунтовых вод или вод бокового внутрипочвенного стока. Общими морфологическими признаками дерновых заболоченных почв грунтового и поверхностного увлажнения являются темные гумусовые горизонты (в пределах 20–30 см) с гумусом типа мулль, или модер-мулль (содержание гумуса у временно избыточно увлажненных почв от 3 до 5 %, у дерново-глееватых и глеевых до 15 % и более, запасы гумуса в пахотном слое составляют от 82 до 188 т/га), что обеспечивает благоприятные водно-физические свойства этих почв. Отмечается хорошо выраженная структура, при слабой дифференциации остальной части профиля, в окраске которой преобладают белесоватые, голубоватые, зеленоватые или сизые тона. Различия по степени увлажнения обычно проявляются в характере оглеенных частей профиля или в новообразованиях (охристые пятна, прожилки, рудяки и т. д.). Отличительной морфологической особенностью дерновых заболоченных почв поверхностного увлажнения является наличие ярких признаков оглеения в подгумусовых и гумусовых горизонтах и уменьшение степени выраженности оглеения с глубиной. В почвах грунтового увлажнения оглеение наиболее выражено в нижних частях профиля. Эти почвы обладают слабокислой, нейтральной или близкой к нейтральной реакцией почвенной среды, высокой степенью насыщенности основаниями верхних горизонтов. Состав гумуса свидетельствует о прочности его связи с минеральной частью почвы с большой ролью черных (II фракция) и бурых (III фракция) гуминовых и фульвокислот, высокой степенью минерализации ($C : N$ около 10), нерастворимый гидролитический остаток больше 35 %. Доступными формами фосфора и калия дерновые заболоченные почвы грунтового и поверхностного увлажнения под естественной растительностью бедны. В дерновых заболоченных почвах республики при любом характере и степени увлажнения отмечено повышенное содержание Fe_2O_3 , по-видимому, поступающего с грунтовыми водами или водами бокового внутрипочвенного стока. Установлено заметное преобладание Fe_2O_3 над Al_2O_3 в составе R_2O_3 .

В дерновых временно-избыточно увлажненных и глееватых почвах грунтового увлажнения прослеживается две зоны гидрогенной аккумуляции (весенняя и летняя), в глеевых – одна в гумусовых горизонтах, в почвах поверхностного увлажнения – во временно-избыточно увлажненных и глееватых одна зона гидрогенной аккумуляции, в глеевых (перегнойно-глеевых) – две.

Состав и свойства дерновых заболоченных почв грунтового увлажнения сильно зависят от химизма питающих вод: на жестких водах формируются насыщенные, карбонатные и железистые почвы. Химический состав почвенно-грунтовых вод дерновых заболоченных почв поверхностного увлажнения обладает нейтральной реакцией почвенной среды, концентрация катионов Ca^{2+} находится в пределах от 85,6 до 114,4 мг/л, Mg^{2+} – 20,7–27,4, Na^+ – 5,0–8,0,

K_2O^{+} – 0,7–4,2, NH_4^{+} – 0,02–0,05 мг/л. Суммарная концентрация катионов (115,5–150,9 мг/л) превышала этот показатель в дерновых заболоченных почвах грунтового увлажнения (42,8–111,5 мг/л). Из анионов преобладал HCO_3^{-} (323–646 мг/л) и SO_4^{2-} (376–534 мг/л), концентрации других анионов распределялись в следующем порядке: CO_3^{-} (19,4–28,2), Cl^{-} (2,0–7,8), NO_3^{-} (0,8–1,3) и $P_2O_5^{-}$ (0,20–0,23 мг/л). Суммарная концентрация анионов была на уровне 730,2–1202,7 мг/л и значительно (в 15,4–16,4 раз) превышала концентрации вышеуказанных анионов в дерновых заболоченных почвах грунтового увлажнения (44,6–78,3 мг/л). Отношение $HCO_3^{-} : SO_4^{2-}$ анионов, в почвах различного уровня увлажнения находилось в пределах от 0,86 до 1,43. Общая минерализация грунтовых вод была в пределах от 845,7 до 1353,6 мг/л, табл. 1.

Подзолообразовательный процесс в дерновых заболоченных почвах практически отсутствует. Подзолообразование усиливается в результате осушения дерновых заболоченных почв грунтового увлажнения. Под влиянием осушения изменяется направление почвообразования, снижается плодородие почв, восстановление которого в последствии требует значительных материальных затрат. Осушение дерновых заболоченных почв поверхностного увлажнения провоцирует усиление лессиважа. После осушения эти почвы не изменяются, легко поддаются окультуриванию [2].

Исследования с дерновыми и антропогенно-преобразованными торфяными почвами проводили и в лизиметрическом опыте № 3 РУП «Институт почвоведения и агрохимии» на лизиметрической станции (г. Минск) при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей (клевер розовый, овсяница луговая, тимофеевка, костер безостый). Лизиметры насыпные, цилиндрической формы железобетонные, повторность опытов – 2-кратная. Внутренний диаметр лизиметров – 2,0 м, площадь – 3,14 м², глубина лизиметров 1,0 м и 1,5 м (по 24 лизиметра на каждой глубине). Морфологический профиль дерново-глеевой почвы на момент закладки разрезов (1980 г.) был следующий: A_1 (0–25 см), B_g (25–45 см), G_1 (45–120 см), G_2 (120 см и глубже); торфянисто-глеевой почвы – A_0 (0–2 см) – AT (2–25 см) – AT_1 (25–50 см) – B_{1g} (50–62 см) – B_{2g} (62–90 см) – G (90 см и глубже).

В проведенных исследованиях на дерново-глеевой супесчаной, развивающейся на супеси связной, подстилаемой с глубины 0,45 м рыхлым песком (лизиметры 17 и 18) и торфянисто-глеевой низинной, развивающейся на древесно-осоковых торфах (лизиметры 19 и 20) при возделывании многолетних травосмесей (1981–2012 гг.) количественный и качественный состав лизиметрических почвенных растворов и потери элементов при вымывании изменялись в зависимости от типа почв (табл. 2).

Таблица 1

Химические свойства почвенно-грунтовых вод дерновых заболоченных почв грунтового и поверхностного увлажнения, мг/л

№ разрез а	рН	Жест- кость	Сухой остаток	Водорас- творимый гумус	Катионы						Анионы						HCO_3^- SO_4^{2-}
					мг/л												
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Fe^{2+}	NH_4^+	K_2O^+	CO_2^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	P_2O_5^-	
Дерновые заболоченные почвы грунтового увлажнения																	
105*	5,15	21,1	208	59,2	19,2	1,9	1,7	2,8	0,13	2,3	8,8	18,3	15,4	0,5	1,5	0,12	1,18
110**	6,07	105,2	1360	65,2	84,5	18,7	3,4	3,4	0,14	1,4	3,1	23,9	23,1	0,3	1,1	0,17	1,03
112**	6,08	81,8	1510	65,2	68,2	13,6	3,3	3,3	0,19	1,6	2,6	18,3	22,4	0,4	6,2	0,17	0,82
106**	5,24	34,2	200	123,4	28,0	6,2	4,6	1,8	0,17	2,0	15,8	24,4	30,7	0,6	6,7	0,12	0,80
113***	5,65	60,0	1158	67,5	54,4	5,6	4,5	2,0	0,51	1,4	3,5	20,7	28,3	0,5	5,4	0,15	0,73
Дерновые заболоченные почвы поверхностного увлажнения																	
86*	6,61	106,3	312	35,8	85,6	20,7	5,0	0,0	0,02	4,2	28,2	323	376	0,8	2,0	0,20	0,86
88***	7,21	141,3	410	10,9	114,4	26,9	8,0	0,0	0,03	1,6	19,4	646	534	1,0	2,1	0,21	1,02
89****	7,21	141,8	476	10,9	114,4	27,4	7,8	0,0	0,05	0,7	24,6	517	361	1,3	7,8	0,23	1,43

Примечание: * дерновая временно-избыточно-увлажненная почва; ** дерново-глееватая почва; *** дерново-глеевая почва; **** перегнойно-иловато-глеевая почва.

Таблица 2

Содержание катионов и анионов в лизиметрических почвенных растворах и потери элементов при вымывании из дерново-глеевых и торфянисто-глеевых почв (слой 1,0–1,5 м) при возделывании многолетних травосмесей (среднее за 1981 по 2012 гг.)

Катионы и анионы	Дерново-глеевая песчаная		Торфянисто- глеевая низинная	Дерново-глеевая песчаная		Торфянисто- глеевая низинная
	лиз. 17–18		лиз. 19–20	лиз. 17–18		лиз. 19–20
	состав и концентрация			потери при вымывании		
	мг-экв. /л		мг/л	мг-экв. /л		мг/л
K ⁺	0,162	8,1	0,1	5,0	2,9	1,8
Na ⁺	0,525	12,2	0,533	12,4	4,4	4,3
Ca ²⁺	2,675	53,5	4,24	84,8	19,1	29,7
Mg ²⁺	0,845	10,3	1,263	15,4	3,7	5,4
NH ₄ ⁺	0,040	0,73	0,052	0,95	0,3	0,3
Сумма катионов	4,2	84,8	6,2	118,6	30,4	41,5
Cl ⁻	1,218	43,5	1,207	43,1	15,5	15,1
NO ₃ ⁻	0,186	11,6	0,491	30,7	4,1	10,8
SO ₄ ²⁻	0,565	26,9	0,804	38,3	9,6	13,4
HCO ₃ ⁻	1,779	111,2	1,402	87,6	39,7	30,7
H ₂ PO ₄ ⁻²	0,002	0,12	0,002	0,09	0,043	0,0
Сумма анионов	3,8	193,3	3,9	199,8	68,9	70,0
Соотношение катионов к анионам	1,13	0,44	1,58	0,59	0,44	0,59
Сумма ионов	8,0	278,2	10,1	318,3	99,3	111,5
Отношение HCO ₃ ⁻ /Ca ²⁺	0,665	2,097	0,331	1,033	—	—
SO ₄ ²⁻ /Ca ²⁺	0,211	0,503	0,190	0,452	—	—
Cl ⁻ /Ca ²⁺	0,455	0,813	0,285	0,508	—	—

Сравнительные наблюдения за развитием и состоянием дерново-глеевых и торфянисто-глеевых почв (которыми заполнены лизиметры в 1980 г.) в хозяйстве, где эти почвы интенсивно использовались под различными типами севооборотов, показали, что осушение и сельскохозяйственное освоение (27 лет) торфянисто-глеевых почв, подстилаемых рыхлыми песками привело к тому, что пахотный горизонт на отдельных участках был представлен связным песком темно-серого или серого цвета. Так, например, осмотр посевов озимой ржи Пуховчанка (на 28.05.2007) на этих почвах свидетельствовал о различном состоянии (хорошее, плохое) растений. На рисунке отчетливо видно, что на отдельных участках наблюдалась гибель (80–100 %) посевов (рис.).



Рис. Состояние посевов озимой ржи на торфянисто-глеевой почве, 28.05.2007

Проведенные исследования свидетельствуют о деградации торфянисто-глеевых почв в процессе сельскохозяйственного использования.

Литература

1. Пироговская Г. В. Почвы сельскохозяйственных земель республики Беларусь / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. Минск, 2001. 182 с.
2. Пироговская Г. В. Генетические особенности дерновых заболоченных почв Белорусской ССР и их изменение под влиянием осушительной мелиорации : автореф. дис. ... канд. с. -х. наук: 06.01.03 / Белорус. науч. -исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. Минск, 1983. 16 с.

THE EVOLUTION OF SOD-GLEY AND PEAT-GLEY SOILS IN THE COURSE OF AGRICULTURAL EXPLOITATION

Pirahouskava Halina

Abstract. The article provides data on state, conditions of formation, morphological characteristics, composition and properties of sod-waterlogged soils of surface and groundwater moistening, degraded soils in the Republic of Belarus. The article shows data on chemical composition of groundwater of sod-waterlogged soils, cation and anion status in lysimetric soil solutions and losses of elements in the process of their washing from 1,0–1,5 m layer (average values) from the sod-gley and peat-gley soils during the cultivation of perennial legume-grass mixtures (1981–2012).

ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОЧВАХ НА ГОРЕ СЕВЕРНЫЙ БАСЕГ

Самофалова И. А.

ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, г. Пермь, sanofalovairaida@mail.ru

Изучение отражательной способности почв широко используется в почвоведении для характеристики гумусовых веществ, при решении теоретических и прикладных задач. Спектральная отражательная способность почв и отложений характеризует способность почвенной массы отражать (и поглощать) световые лучи определенной длины волны и зависит от генетических и физико-химических свойств объекта.

Визуальное определение цвета почв субъективно и не позволяет уловить различия оттенков одной цветовой гаммы, а также не может быть выражено количественными показателями, в то время как на основе спектрального анализа возможна объективная оценка этого признака. Кроме того, спектральное отражение при определенных длинах волн может служить как дополнительный признак при диагностике элементарных процессов почвообразования.

Цель исследований – изучение спектров поглощения гуминовых кислот в почвах на горе Северный Басег.

Изучение электронных спектров поглощения гуминовых кислот проводилось в пяти почвенных разрезах, которые были заложены в разных высотно-растительных поясах на горе Северный Басег на территории заповедника «Басеги»: разрез 18 – сухоторфяно-подбур иллювиально-гумусовый, 955 м; разрез 63 – органно-аккумулятивная серо-гумусовая глинисто-иллювирированная, 635 м; разрез 37 – бурозем ожелезненный, 353 м; разрез 43 – бурозем ожелезненный, 352 м; разрез 36 – бурозем темnogумусовый элювирированный глееватый ожелезненный, 347 м н. у. м.

Гумусовые вещества активно взаимодействуют с электромагнитными колебаниями, образуя очень сложные по рисунку спектры поглощения в широком диапазоне длин волн. Полученные графики в координатах $D-\lambda$ (оптическая плотность-длина волны) (рис. 1) показывают изменение величины оптической плотности раствора, содержащего гумусовые вещества, в зависимости от длины волны.

Форма спектральной кривой связана с тональностью окраски. Чем быстрее уменьшается D в области 400–500 нм, тем круче падает спектральная кривая, тем более бурую или желтоватую окраску имеет раствор гумусовых кислот. Такой вид спектральной кривой у разреза 18, заложенного на вершине горы высотой 955 над у. м.

Четко выраженный перегиб в средней части спектров во всех разрезах в диапазоне волн 530–670 нм, скорее всего связан с переувлажнением почв и с влиянием оксидов Fe, входящего в минералы почвы и имеющими в своем со-

ставе в качестве примесей оксиды Fe, особенно на поверхности агрегатов и элементарных частиц.

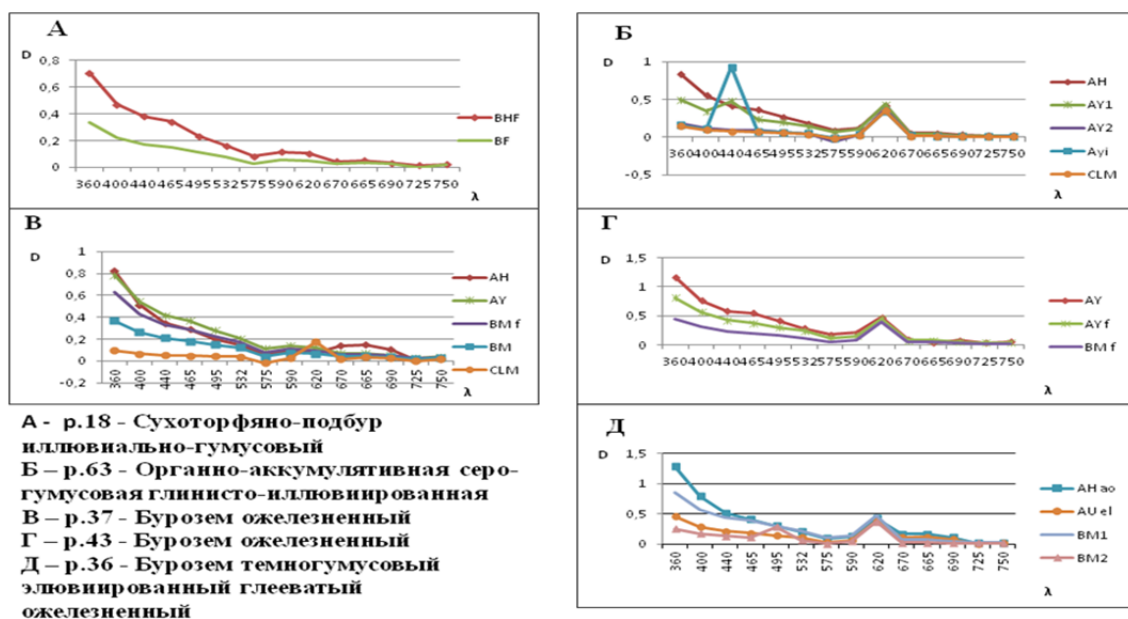


Рис.1 Электронные спектры ГК в почвах г.Северный Басег (D-λ)

По литературным данным известно, что интенсивность окраски и характер спектров гумусовых кислот зависят от реакции среды. Мы решили проверить эту связь для горных почв. Результаты показали, что только при длине волны 620 нм, оптическая плотность с рН находятся в обратной зависимости (коэффициент корреляции $r = -0,61$). Именно эта длина волны попадает в диапазон значений, в которых наблюдается пик во всех разрезах.

Установлено, что почвы разного генезиса имеют различающиеся характеристики спектральной отражательной способности во всех горизонтах профиля, причем почвы, сформированные под влиянием одинаковых (или близких) по направленности и степени развития процессов, имеют близкие интегральные коэффициенты отражения света даже тогда, когда почвообразующие породы различны (рис. 2). Гумусовые горизонты имеют меньшую отражательную способность (50–73 %), чем нижележащие горизонты, что связано с большим содержанием гуминовых кислот. Коэффициент отражения (p_{750}) при длине волны 750 нм показывает, что изучаемые почвы в большей степени обогащены подвижными гумусовыми веществами, т. е. фульвокислотами, так как этот показатель более 90 %.

Величина интегрального отражения по абсолютной величине во всех почвах более 50 %. Распределение данного показателя по профилю позволяет выделить три типа: равномерно-элювиальный (разрезы 18, 63, 43); аккумулятивно-элювиально-равномерно-элювиальный (разрез 37); бимодальный (разрез 36).

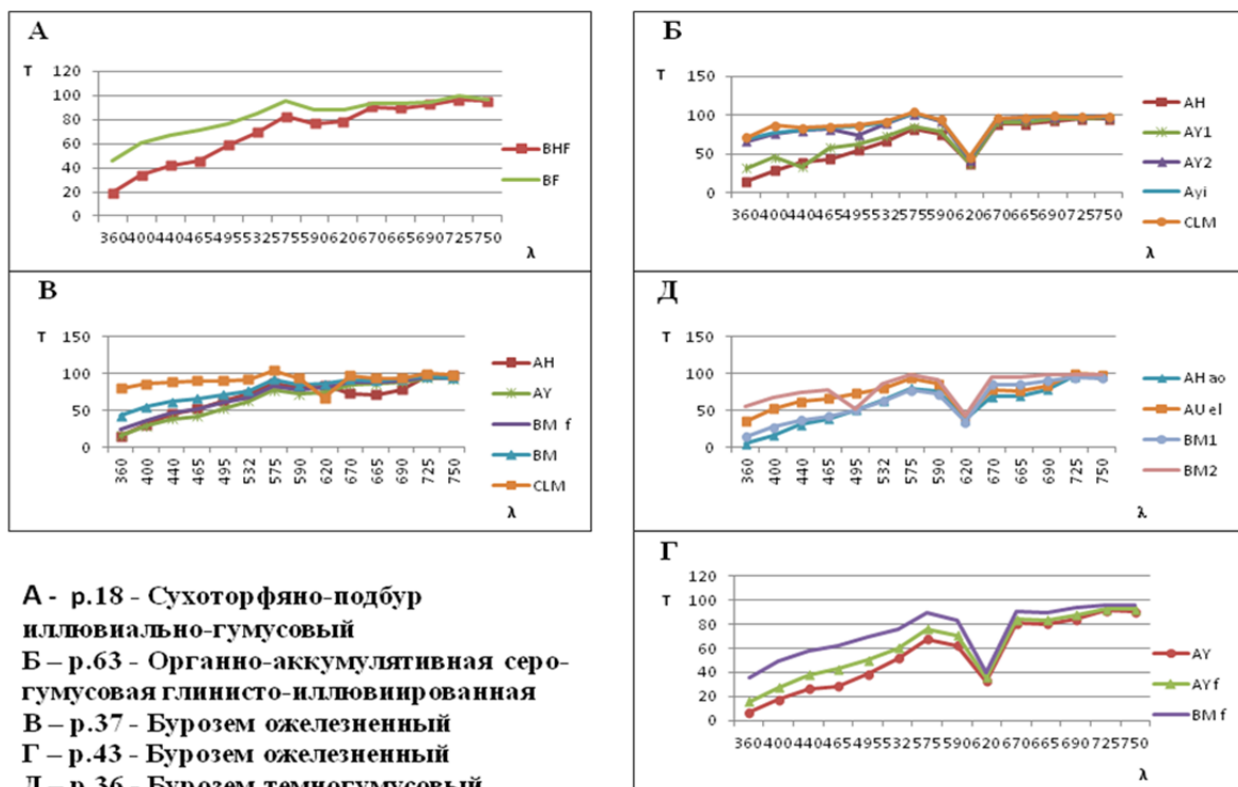


Рис.2 Электронные спектры ГК в почвах
г.Северный Басег (Т-λ)

Для почв первого типа распределения можно констатировать более или менее близкие условия гумусообразования, несмотря на то, что почвы формируются в разных высотно-растительных поясах: р. 18 – горно-тундровый пояс, р. 63 – субальпийский, р. 43 – горно-лесной пояс. Абсолютное значение интегрального отражения (KO) в данных почвах различно, максимальным является показатель в сухоторфяно-подбуре (70–83 %) в тундровом поясе, несколько меньше данный коэффициент в органно-аккумулятивной серо-гумусовой почве (61–73 %) под луговым разнотравьем, а в буроземе ожелезненном в горно-лесном поясе KO изменяется от 50 до 70 %. Проективное покрытие растений поверхности почвы увеличивается от тундрового пояса к горно-лесному, в связи с этим отражательная способность также ослабевает.

Для второго типа распределения в буроземе ожелезненном в срединной части профиля отмечается понижение интегрального отражения за счет ожелезнения, что и отражается в названии почвы.

Бимодальное распределение характерно для бурозема темного гумусового, формирующегося в нижней части западного склона горы Северный Басег. Возможно, именно местоположение данной почвы обуславливает такой тип распределения за счет привноса почвенного материала с выше прилегающей части склона, т. к. в горных условиях происходит постоянное перемещение материала от верхних частей склона к нижним. Изменение величины KO по профилю позволяет разделить его на две части, в которых значения KO закономерно повторяются (59–73 и 58–74 %). На основании этого можно предположить, что нижние два горизонта могут представлять самостоятельный аналогичный профиль, сформированный в более поздний период. Таким образом, спектрофотометри-

ческий метод можно применять для диагностики как современных, так и погребенных горизонтов.

На основании абсолютных значений T и значений KO и типов его распределения, можно выделить следующие элементарные почвообразовательные процессы, формирующие профиль данных почв: гумусово-аккумулятивный, иллювиально-гумусовый, иллювиирование железа, буроземообразование.

ELECTRONIC ABSORPTION SPECTRA OF HUMIC ACIDS IN SOILS IN MOUNTAIN NORTH BASEGI

Samofalova I. A.

Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia, samofalovairaida@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the optical density and the reflectivity of the soil with the help of the electronic absorption spectra of humic acids in soils of the mountain, which were laid in various high-altitude vegetation zones on the mountain north Baseg on the reserve «Basegi». On the basis of the absolute values of the parameters and types of its distribution, the following basic soil-forming processes that shape the profile of these soils: humus-accumulative, illuvial-humus, illuviation iron, burozemic pedogenesis.

Keywords: absorption spectrum, humic acid, optical density, wavelength, integral reflection, processes of soil formation.

К ВОПРОСУ ГЕНЕЗИСА СОЛОНЦОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Семендяева Н. В. ^{1,2}

¹Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, пос. Краснообск НСО.

²Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск
semendyeva@nqs.ru

Отличительной особенностью солонцов является наличие в корнеобитаемом слое растений сильно уплотненного иллювиального горизонта, который определяет их отрицательные свойства, а также наличие солей в почвенном профиле, максимум которых залегает ниже иллювиального горизонта. Согласно современным представлениям [1] на юге Западной Сибири формирование солонцов происходит двумя путями: 1. Рассоление солончаков периферийных приозёрных и приболотных поясов днищ высохших озёр и болот по схеме К. К. Гедройца: солончак → солонец → солодь. Этим путем образуются солонцы на крайне ограниченной территории. 2. Осолонцевание луговых и лугово-черноземных почв, засоленных солями сульфатно – хлоридно- содового состава в результате близкого залегания минерализованных грунтовых вод и притока солей с поверхностными водами [2]. Солонцы второго типа образования широко распространены на обширных площадях и занимают доминирующее положение в структуре почвенного покрова.

В последние годы большое внимание в засолении почв, поверхностных и грунтовых вод стало уделяться солям атмосферных осадков [3]. А. А. Сеньков обосновывает формирование солевого профиля почв и грунтовых вод поступлением солей с атмосферными осадками, их концентрированием, метаморфизацией и перераспределением в профиле зоны аэрации. Им конкретно установлено количество солей (от 13,3 до 20,98 г/м²), ежегодно поступающих в почвы Западной Сибири с атмосферными осадками. Следует заметить, что поступление солей в почву из атмосферы никем никогда не отрицалось, но большого значение этому явлению в почвенном галогенезе не предавалось, так как данный источник для условий Западной Сибири не является ведущим в формировании засоленных почв [4].

Результаты исторического экскурса свидетельствуют о постепенности засоления Западно-Сибирской низменности и последовательности смены несолеустойчивых растительных сообществ более солеустойчивыми [5]. На дерновой почвообразовательный процесс со временем накладывался солонцовый, что и обеспечило высокое современное потенциальное плодородие солонцов.

Начало формирования иллювиального горизонта солонцов возможно только с участием агентов, чувствительным к этим условиям. Таковым может быть ион натрия, в силу того, что соли натрия обладают наименьшим порогом коагуляции [6]. Экспериментальным путем нами установлено, что с увеличением со-

держания обменного натрия в ППК от 0,43 до 2,5 мг-экв на 100 г почвы (соответственно 1,2–6 % от емкости поглощения) степень пептизации меняется незначительно – в пределах 1–2 % от массы почвы. Начиная с 2,5 мг-экв, увеличение обменного натрия способствует значительному возрастанию пептизации, достигая максимума при содержании до 8–10 мг-экв (около 20–25 % от ёмкости обмена). Дальнейшее его увеличение вызывает незначительный рост пептизации.

Результаты эксперимента позволили сделать предположение о том, что пептизация почвенной массы и передвижение илистой фракции вниз по профилю возникают при содержании обменного натрия в пределах 2,5–3,0 мг-экв на 100 г почвы. Это предположение несколько не совпадает с данными В. И. Кирюшина [7], которым установлено для солонцов Северного Казахстана критическое содержание обменного натрия около 5 мг-экв на 100 г почвы.

Небольшое количество почвенных частиц, пептизированных натрием, содержащимся в почвенном растворе, передвигается с нисходящими потоками воды вниз по профилю на определенную глубину, где встречаясь с нижележащими солевыми горизонтами, коагулирует и выпадает в осадок. Эти первоначально накапливающиеся гели служат экраном для последующего отфильтровывания коллоидов, даже не подвергавшихся коагуляции. Таким образом формируется в понижениях в профиле засоляющихся зональных почв уплотненный горизонт, названный нами **зоной первичного уплотнения**. Подобных взглядов на начало формирования солонцового горизонта придерживался целый ряд исследователей, в частности Е. Н. Иванова и А. Ф. Большаков. Они писали: «первопричиной солонцоватости, по-прежнему, остается одна и определяется она поглощенным натрием, а все остальные усложняющие этот процесс явления связаны с теми свойствами почв в разных условиях среды, которые определены в них обменным натрием.» [8].

С того момента, когда образуются заметные уплотнения в почве, течение почвообразовательного процесса радикально изменяется, так как начинается экспоненциально (самопроизвольно) ускоряться формирование солонцового горизонта. Первичное уплотнение вызывает комплекс явлений, которые в совокупности создают эффект положительных обратных связей солонцового процесса.

Рассмотрим некоторые из них, например, концентрацию солей. Образовавшееся уплотнение увеличивает суммарную поверхность слоя и количество мельчайших капилляров в нем. В результате этого, во-первых, уровень капиллярного поднятия минерализованных грунтовых вод в какой-то степени закрепляется за уплотненным слоем и, во-вторых, как результат увеличения поверхности, увеличивается концентрация солей в этом слое, что способствует лучшей коагуляции коллоидов и дальнейшему его уплотнению. По мере развития зона первичного уплотнения постепенно превращается в объемный «фильтр». Чем выше плотность «фильтра», тем интенсивней он будет задерживать мелкие частицы, а чем больше он будет их задерживать, тем быстрее будет увеличиваться его плотность.

Если первоначально в зоне уплотнения коагулировалась и задерживалась лишь небольшая часть коллоидов, пептизированных натрием, то по мере уплотнения и повышения концентрации почвенного раствора на «фильтре» бу-

дуют задерживаться все более мелкие коллоиды, в том числе и коллоиды, стабилизированные водными пленками – полуторные оксиды, кремнекислота и различные комплексные коллоиды. Роль обменного натрия в образовании иллювиального горизонта, которая была необходима на первых этапах развития солонцов, постепенно снижается и в его формировании всё больше начинают участвовать коллоиды с водными стабилизированными слоями: гидрооксиды кремнезема, органо-минеральные кремне-глиноземные гели, способные переходить в студнеобразное состояние.

На «филт্রে» начинают уже чисто механически задерживаться мельчайшие частицы. Все это приводит к увеличению набухаемости и еще большему уплотнению «филтра».

По мере уплотнения иллювиального горизонта уменьшается его фильтрационная способность, что имеет важное значение при его формировании. Уменьшение водопроницаемости иллювиального горизонта происходит постепенно по мере увеличения плотности, накопления в нем высокодисперсных гидрофильных коллоидов и увеличения набухаемости. Чем больше растет сопротивление фильтрации, тем меньше поступает влаги в подсолонцовый горизонт, тем больше повышается его засоленность. Корни естественной растительности в нем постепенно отмирают.

В иллювиальном горизонте корни также развиваться не могут, так как имеющаяся вода находится большей частью в недоступной для растений форме, а микропористость препятствует обмену воздуха. Кроме, того крупные трещины в плотной почве разрывают корни. Корни растений начинают развиваться в надсолонцовом горизонте. Создаются «горшечные условия», когда развитие растений полностью зависит от атмосферных осадков. Вследствие этого происходит выпадение и смена растительных ассоциаций. Здесь сохраняются и поселяются лишь те виды растений, которые способны выдерживать сложившиеся почвенные условия – различные полыни, типчаки, кермек и др.

Иллювиальный горизонт, лишенный деятельного перегноя, теряет остатки комковатой структуры и еще более уплотняется.

Общее уплотнение почвы способствует проседанию поверхности, что приводит к формированию более глубокого микропонижения, в котором поверхностные воды различной степени минерализации дольше задерживаются в подсолонцовом горизонте. В анаэробных условиях, характерных для солонцов, усиливаются восстановительные процессы, приводящие к образованию закисных форм железа, алюминия, марганца и т. д., которые, окисляясь при высыхании, вступают во взаимодействие с органическими кислотами, образуя комплексные органо-минеральные гели, способные при повышении влажности вновь переходить в подвижное состояние. Они покрывают стенки трещин и пор, цементируют массу почвы и тем самым резко снижают фильтрацию горизонта. При этом абсолютное содержание обменного натрия практически не имеет значения.

В результате формирования солонцового профиля генетические горизонты в нем резко дифференцируются по морфологическим и физико-химическим свойствам: иллювиальный горизонт содержит мало растворимых солей, обеднен

полуторными оксидами, содержит мало илистой фракции часто белесый. Иллювиальный горизонт обогащен полуторными оксидами, подвижной кремнекислой, содержит большое количество высокодисперсных коллоидов, сильно набухает, а высыхая, растрескивается на характерные плотные структурные отдельности, с ярким глянцем по граням, который образуется за счет органоминеральных гелей. Содержание обменного натрия в нем может колебаться в больших пределах – от нескольких десятых долей до десятков процентов. При набухании иллювиальный горизонт становится вязким и почти водонепроницаемым. На нём долго удерживается вода. В подсолонцовом горизонте скапливается значительное количество растворимых солей.

Изложенная схема формирования солонцов, возможно, не является универсальной, однако она достаточно четко обосновывает решающую роль обменного натрия на начальных этапах развития солонцеобразования, а затем все более и более возрастающее значение уплотняющегося иллювиального горизонта, определяя все стороны солонцового процесса. Иллювиальный горизонт развивается под действием всего комплекса местных почвообразующих факторов, обеспечивая разнообразие физико-химических свойств солонцов и сохраняя в тоже время все характерные особенности их морфологического строения и агрофизические свойства.

Литература

1. Засоление почвы России / отв. ред. Л. Л. Шишов, Е. И. Панкова. М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. 854с.
2. Зайцева Ю. А., Рейгард Я. Р., Мищенко А. Н. Причины формирования засоленных лугово-черноземных почв юга Омской области // Развитие почвоведения и проблемы рационального использования почв Сибири. Омск : Литера. С. 55–60.
3. Сеньков А. А., Попов В. В. Галогенез солевого профиля почв чернозёмно-солонцовых комплексов юга Ишимской равнины // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и покрове. Томск : Издат. дом Том. гос. ун-та, 2015. С. 98–100.
4. Ковда В. А. Процессы современного соленакопления (галогенеза) в почвах и водах // Почвоведение. 1947. № 11. С. 5–16.
5. Нагинский Н. А. Оледенение Западно-Сибирской низменности // Природа. 1950. № 12. С. 14–21.
6. Гейдройц К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация // Гейдройц К. К. Изб. соч. М., 1955. Т. 1. С. 141.
7. Кирюшин В. И. Солонцы и их мелиорация. Алма-Ата. Кайнар, 1976. 175 с.
8. Иванова Е. Н., Большаков А. Ф. Учение академика К. К. Гейдройца о солончаках, солонцах и солодах и последующее его развитие // Почвоведение. 1972. № 4. С. 88–105.

TO A QUESTION OF THE GENESIS OF SOLONETZES LAKES OF THE SOUTH OF WEST SIBERIA

Semendyaeva N. V. ^{1, 2}

1. *Siberian scientific research institute of agriculture and chemicalization of the agriculture of the Siberian federal scientific center of the agro-biotechnology of the Russian academy of sciences sett. Krasnoobsk NSO*
2. *Novosibirsk state agrarian university, g. Novosibirsk, semendyeva@nqs.ru*

The majorities of soloncheks of the south of West Siberia were formed from the salty meadow and meadow – chernozem soils with the close bedding of the mineralized ground water. the beginning of the formation of the illyuvialnogo of the horizons the profile of these soils occurs because of the presence in the soil absorbing complex of sodium ions, which cause the peptization of colloids and their movement downward by the profile. The minimum content of sodium in this case must be 2,5–3 mH – ekv on 100 g of soil. In the profile of the salty zone soils is formed the zone of primary packing, which under the action of natural factors begins exponentially they are developed into the alkaline soil horizon. In this stage the developments of soloncheks of the absolute content of exchange sodium practically does not have a value.

ФОСФОР В ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ МИНУСИНСКОГО МЕЖГОРНОГО ПРОГИБА

Спирина В. З., Каллас Е. В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
lkallas@sibmail.com

Круговорот элементов в экосистеме, прежде всего, обусловлен синтезом и разложением органического вещества. Фосфор в процессе почвообразования переходит из состава минеральных соединений горных пород в органические и накапливается в гумусовых горизонтах почв [4]. В связи с этим содержание фосфора в почве, состав его соединений обусловлен характером материнской породы, интенсивностью процессов разложения и минерализации органических веществ и сельскохозяйственным использованием почв. Определение общего содержания любого элемента в почве, в том числе и фосфора, не является показателем обеспеченности им растений. Изучение состава только тонкодисперсных частиц почвы, роль которых, как известно, в почвообразовании и питании растений особенно велика, является недостаточным. Важно знать состав, как всей почвенной массы в целом, так и ее отдельных гранулометрических фракций.

Цель исследований – выявление особенностей распределения форм фосфора по гранулометрическим фракциям черноземов Минусинского межгорного прогиба.

Объектами послужили черноземы обыкновенные, развитые на красноцветных и пестроцветных элювиально-делювиальных отложениях девона, бурых и лессовидных суглинках, галечниковых отложениях древней террасы Енисея, покрытые плащом суглинков. По гранулометрическому составу почвы средние и тяжелосуглинистые с преобладанием крупной пыли в почвах на лессовидных суглинках и ила – на породах девона. Черноземы относятся к среднегумусным среднемощным видам, содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 7–8 %, и с глубиной резко снижается, что связано с поздним пробуждением микробиологической активности, вследствие сильного зимнего промерзания. Реакция среды изменяется от нейтральной в гумусовом горизонте до слабощелочной в карбонатном.

Определение форм фосфора проводилось по методу Гинзбург-Лебедевой.

Результаты исследований показали, что обыкновенные черноземы Минусинского прогиба относятся к потенциально обеспеченным фосфором почвам по сравнению с аналогичными почвами Ишим-Иртышской равнины, Барабинской низменности, Приобского плато и близки к черноземам Кузнецкой котловины и Каннской впадины [1]. Основная часть валового фосфора сосредоточена в гумусово-аккумулятивном горизонте (0,20–0,26 %), что обуславливается его биологической аккумуляцией. Нижние горизонты почвенного профиля содержат 0,06–0,13 % фосфора, что свидетельствует о степени обогащения этим элементом самой породы [5]. Различия в количестве валового фосфора в черноземах на разных породах невелики. Содержание и распределение фосфора по

гранулометрическим фракциям зависит от степени дисперсности частиц и их гумусированности. Максимальное количество фосфора находится в илистой фракции и 1,5–2 раза превышает содержание его в почве в целом. Частицы тонкой пыли также характеризуются значительной обогащенностью фосфором, что связано с высоким содержанием (до 10 %) в ней гумуса. Фракция средней пыли по количеству фосфора приближается к почве в целом, в крупной пыли содержание P_2O_5 в 2 раза меньше. Самое низкое содержание общего фосфора характерно для песчаных частиц (0,1–0,05 %). С глубиной почвенного профиля происходит постепенное уменьшение фосфора во всех гранулометрических частицах, за исключением крупной пыли, источником фосфора в которой являются фосфорсодержащие минералы, представленные в исследованных почвах единичными зернами апатита.

Фосфор органических и минеральных соединений имеет разную степень доступности для растений. Установлено, что органические соединения фосфора растениями используются частично, их доступность находится в зависимости от прочности и способности в той или иной степени минерализоваться [4]. Полученные нами данные позволяют отметить, что в обыкновенных черноземах около 54 % от общего фосфора составляют органические фосфаты, что свидетельствует об их слабой растворимости. Многие исследователи отмечают, что Сибирские черноземы отличаются от Европейских более высоким содержанием органических фосфатов (37–81 % от валового) и большим содержанием фосфора в гумусе [2–4]. Максимальная аккумуляция органических фосфатов приходится на верхние горизонты, для которых характерно высокое содержание гумуса, микробной массы, корневых и пожнивных остатков. В черноземах, развитых на лессовидных породах, органические фосфаты составляют 44 % от валового, а в черноземах на элювиально-делювиальных отложениях – до 52 %. Повидимому, это связано в первом случае с более интенсивным окислением органического вещества, во втором – эти процессы значительно заторможены из-за менее благоприятных физических свойств почв. Основная часть органических фосфатов сосредоточена в иле.

Содержание минерального фосфора в гумусовом горизонте варьирует в пределах 42–47 % от валового. По почвенному профилю наблюдается увеличение минеральных фосфатов до 90–92 % от валового. Максимальное количество минерального фосфора характерно для почв, развитых на лессовидных суглинках, в которых интенсивно протекают окислительные процессы. Меньше всего неорганического фосфора выявлено в черноземах на девонских породах, отличающихся меньшей аэрацией.

Особый интерес представляет изучение распределения минерального фосфора по гранулометрическим фракциям. Нами установлено, что с уменьшением размера фракций происходит увеличение содержания минерального фосфора, и в частицах тонкой пыли и иле достигает максимального значения. Как илистые частицы, так и тонкая пыль, в 1,5–1,7 раза характеризуются большей обогащенностью минеральным фосфором по сравнению с почвой в целом, что связано с генезисом этих фракций.

Содержание и характер распределения по гранулометрическим фракциям фосфора и его форм зависит от состава пород и направленности почвообразовательных процессов. Изучение форм минеральных фосфатов и их химической природы в почвах, сформированных на разных породах интересно не только в отношении их генетической характеристики, но имеет и практическое значение. Фракционный состав фосфатов позволяет предвидеть пути трансформации вносимого с удобрениями фосфора и дает возможность предупреждать фиксацию его в почвах в труднодоступные для растений формы. Проведенные исследования показывают довольно четкую дифференциацию форм минерального фосфора по гранулометрическим фракциям в зависимости от размера частиц. Минеральные соединения фосфора в почвах содержатся главным образом в виде соединений органофосфорной кислоты с ионами кальция, магния, железа, алюминия, марганца, устойчивость которых в большей степени зависит от активности катионов, pH, растворимости фосфорных соединений, мелиоративных приемов (орошения, внесения удобрений, известкования, гипсования).

Фракции фосфатов кальция (Ca-P₁, Ca-P₂, Ca-P₃) различаются по основности, степени окристаллизованности, следовательно, по доступности растениям. Фосфаты щелочных и щелочноземельных элементов рыхлосвязаны, легко растворимы и наиболее доступны растениям (Ca-P₁), также как и разноосновные, вторичнообразованные (Ca-P₂). Высокоосновные труднорастворимые фосфаты кальция, типа апатита, закреплены в минеральном скелете почвы и первичных минералах (Ca-P₃). Кроме фосфатов кальция выделены фосфаты полуторных окислов, адсорбированные на поверхности твердой фазы почв (Al-P, Fe-P). Анализ полученных материалов свидетельствует о том, что неорганический фосфор в исследованных черноземах представлен преимущественно фракциями фосфатов кальция, их высокое содержание является одной из провинциальных особенностей данных почв. Черноземы, развитые на девонских отложениях, содержат больше полуторных фосфатов, чем почвы на других породах. Подобное явление, вероятно, связано с большим содержанием и подвижностью железа в почвах на девонских породах по сравнению с черноземами на лессовидных суглинках. Распределение отдельных фракций минерального фосфора в профиле черноземов имеет определенную закономерность: содержание легкорастворимых рыхлосвязанных фосфатов (Ca-P₁) снижается от 3,6–7,7 % в гумусовых горизонтах до 1,2–2,7 % от валового – в нижней части профиля. Следует отметить более высокую растворимость фосфатов в почвах на лессовидных суглинках. Основное количество рыхлосвязанных фосфатов приходится на ил.

Рыхлосвязанные вторичнообразованные фосфаты кальция (Ca-P₂) в слое 0–20 см составляют 5,4–8,5 % от валового, причем с глубиной отмечается увеличение этой фракции до 25 %. Кроме этого, наблюдается резкое увеличение Ca-P₂ в горизонте скопления карбонатов вблизи линии вскипания. По-видимому, с подщелачиванием почвенного раствора фосфаты кальция становятся менее активными, закрепляются и накапливаются. В распределении Ca-P₂ по гранулометрическим фракциям наблюдается следующая закономерность: в иле и мелкой пыли гумусового горизонта содержится примерно одинаковое количество Ca-P₂ (5–6 % от валового), с глубиной отмечается резкое увеличе-

ние до 22–39 % от валового. По мере увеличения крупности частиц количество Са-Р2 снижается, однако характер распределения по профилю сохраняется.

Фракция Са-Р3 извлекает высокоосновные фосфаты кальция типа апатита, фосфорита, которые являются основными фосфорсодержащими соединениями в материнских породах. На ее долю приходится основное количество фосфора, связанного с кальцием. В почвах, сформированных на различных материнских породах, наблюдаются значительные колебания в количестве этой фракции. Максимальное содержание отмечается в черноземах на лессовидных суглинках (в гумусовом горизонте 15 % от валового). Это свидетельствует о том, что в почвах на лессовидных породах можно быстрее улучшить фосфатный режим и ликвидировать недостаток фосфора в питании растений по сравнению с черноземами на девонских суглинках. В направлении к почвообразующим породам происходит резкое увеличение данной фракции до 46–70 % от валового фосфора. В распределении Са-Р3 по гранулометрическим фракциям во всех горизонтах черноземов наблюдается ее уменьшение от илистых частиц и мелкой пыли к песку.

Преобладание фосфатов кальция над фосфатами полуторных оксидов отражает генетические и провинциальные особенности обыкновенных черноземов данного региона. Максимальное количество фосфатов полуторных оксидов сосредоточено в верхних горизонтах, причем фосфатов железа в 1,5–2 раза больше, чем фосфатов алюминия. В черноземах на девонских породах содержится больше фосфора, связанного с полуторными оксидами, что обусловлено повышенным содержанием в них железа. Распределение этой фракции фосфора по гранулометрическим фракциям имеет ту же закономерность, что и для других форм фосфора.

Соединения фосфора нерастворимого остатка представлены фосфатами невыветрившихся минералов. В черноземах количество их колеблется в пределах 1–9 % от валового. Определенной закономерности в распределении фосфора в остатке почвы в зависимости от пород и размера частиц выявить не удалось.

Нами установлено, что фосфор исследованных обыкновенных черноземов отличается небольшой подвижностью. Данные почвы по содержанию подвижного фосфора можно отнести к необеспеченным. В гумусовых горизонтах содержание подвижного фосфора составляет 3–4 мг/100 г почвы. Вниз по профилю с изменением физико-химических свойств, увеличением кальция в ППК, изменением реакции среды наблюдается снижение подвижного фосфора до 0,5–0,7 мг/100 г почвы. В распределении подвижного фосфора по гранулометрическим фракциям прослеживается та же закономерность, что и для других форм фосфора.

Таким образом, содержание и профильное распределение форм фосфора зависит от условий формирования черноземов Минусинского прогиба и гранулометрического состава почв. Наибольшее количество всех форм фосфора приходится на ил и тонкую пыль, значительно меньше фосфатов содержится в средней и крупной пыли и минимально в песчаных частицах. Неорганический фосфор во всех исследованных почвах представлен преимущественно фракцией фосфатов кальция, доля которых максимальна в черноземах на лессовидных

суглинках. Черноземы на девонских породах отличаются повышенной долей фосфатов полуторных оксидов. Фракционный состав фосфатов в гранулометрических частицах позволяет прогнозировать пути трансформации фосфора и дает возможность предупредить его закрепление в почвах в труднодоступных для растений формах.

Литература

1. Антипина Л. П. Фосфор в почвах Сибири // Фосфор в почвах Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, ВСХНИЛ. 1983. С. 4–14.
2. Богданов Н. И. Вальной и органический фосфор в Сибирских черноземах // Почвоведение. 1954. № 5. С. 27–32.
3. Гинзбург К. Е. Фосфор основных типов почв СССР. М. : Наука. 1981. 396 с.
4. Макаров М. И. Фосфор органического вещества почв. М. : ГЕОС. 2009. 397 с.
5. Спирина В. З. Формы фосфора в обыкновенных черноземах Минусинского прогиба в условиях агроценоза // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сб. материалов IV всерос. науч. конф. с междунар. участием (1–5 сент. 2010 г.), посвящ. 80-летию каф. почвоведения и экологии почв Том. гос. ун-та. Томск, 2010. С. 264–269.

PHOSPHOR IN ORDINARY CHERNOZEMS OF THE MINUSINSK INTERMONTANE DEPRESSION

Spirina V. Z., Kallas E. V.

National research Tomsk state University, Tomsk, lkallas@sibmail.com

The studies of ordinary chernozems of the Minusinsk depression, formed on different parent rocks, revealed a clear differentiation of the forms of phosphor by fraction of granulometric structures. With the increase in the dispersion of soil particles is increased the content of total phosphorus and its forms. The soils are characterized by low solubility phosphates. In the humus horizon a large proportion of the phosphates represented by the organic form. The ratio of organic and mineral phosphorus changes in the profile: the proportion of the first is reduced, the proportion of second – increases. Inorganic phosphorus in all studied soils is represented mainly by the fraction of calcium phosphates. The content of mineral phosphorus is higher in the chernozems on loess loam, minimum – in the chernozems on the devonian rocks. The proportion of phosphate of iron oxides is high in the soils on Devonian rocks. Soils are unsecured in content of mobile phosphorus.

ГЕНЕЗИС, ГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ КОНТАКТА ТАЙГИ И СТЕПИ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Сымпилова Д. П.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
darimasp@mail.ru

Исследования особенностей почвообразования на контакте тайга-степь – геосистемы переходного типа – позволяют реконструировать и прогнозировать географическую среду в условиях природных и антропогенных изменений. История формирования и развития таких экотонных систем тесно связана с длительной эволюцией ландшафтно-климатических условий в голоцене, общая направленность которых в целом рассмотрена [1; 2]. На протяжении голоцена здесь происходили неоднократные изменения (флуктуации) границ растительных формаций и одновременно шла существенная перестройка почвенного профиля в сторону лесного или степного типа почвообразования [9].

Дифференциация почв и почвенного покрова Западного Забайкалья обусловливается ландшафтными условиями. Рельеф представлен среднегорной частью с высотами от 700 до 1600 м над у. м. Хребты и межгорные впадины ориентированы с запада-юго-запада на восток-северо-восток. Основные хребты представлены куполообразными формами, сглаженные денудацией. Климат резкоконтинентальный, среднее годовое количество осадков не превышает 350 мм, большая часть (50–55 %) выпадает летом, отсутствие устойчивого снежного покрова способствует глубокому промерзанию почв. Склоны разных экспозиций сильно различаются по солярно-энергетическим ресурсам. В растительном покрове широкое распространение получают богаторазнотравные мелколиственные леса, представленные преимущественно березовыми лесами и реже осинниками, занимающими водоразделы и приводораздельную часть склонов. Нижнюю часть склонов теневых экспозиций занимают сосново-березовые леса. Сосняки и остепненные ксерофитно-травянистые сообщества приурочены к склонам световых экспозиций и наветренной открытой западной части низковысотных отрогов хребтов. Территория исследования сложена в основном интрузивными и эффузивными породами разного возраста. Почвообразующие породы представлены продуктами выветривания этих пород, поэтому состав и свойства их в первую очередь обуславливаются литологией коренных пород.

Процессы гипергенеза и образующиеся продукты выветривания в своем составе и распространении подчиняются ландшафтно-геохимическим закономерностям. Согласно Б. Б. Полюнову [5], в континентальных районах сиаллитный ортоэлювий сопрягается с обызвесткованным ортоэлювием в склоновых отложениях. Особенность геохимического сопряжения ландшафтов Западного Забайкалья схожа и аналогична с северомонгольским типом коры выветривания, которую можно представить следующей схемой: верхние части хребтов на высотах от 1000–1400(1600) м над у. м. – грубообломочный ортоэлювий; плос-

кие водоразделы высот 900–1000 м над у. м. – сиалитный обызвесткованный элювий; склоновые части на высотах 750–900 м над у. м. – обызвесткованный элювий и делювий; нижние части делювиальных шлейфов на высотах 650–800 м над у. м. – карбонатные наносы; речные террасы с широкими падями представлены песчаными наносами, подстилаемые обызвесткованным элювием; аккумулятивные равнины – хлоридно-сульфатным наносом.

Основной фон почвенного покрова контакта тайги и степи Западного Забайкалья составляют дерновые почвы на карбонатных, бескарбонатных и плотных силикатных породах [7; 8]. На плоских водоразделах хребтов в условиях промывного режима под листовеннично-березовыми с примесью кедра богато-разнотравными лесами формируются *дерново-подзолистые почвы*. Аккумулятивная часть профиля состоит из лесной подстилки, задернованного. Горизонт АО буровато-темно-серого цвета. Гумусовый горизонт АУ серовато-светло-бурого цвета. Элювиальный горизонт ЕL палево-белесого цвета, структура тонкопластинчатая, на поверхности пластинок – светлые скелетаны, включения мелких корней. Горизонты ВТ1 буровато-охристого, ВТ2 буровато-желтоватого цветов, комковато-ореховатой и ореховатой структуры, влажноватые, плотные, по граням педов – кутаны. Горизонт ВС светло-палево-желтоватого цвета, структура ореховатая, тонкие скелетаны и кутаны на поверхности агрегатов.

Данные почвы характеризуются низким содержанием гумуса в горизонте АУ – 2,55 % и резким убыванием с глубиной, кислой реакцией среды по всему профилю и нейтральной в горизонте С. Наблюдается накопление аморфного железа в горизонте ВТ1. Почвенно-поглощающий комплекс насыщен основаниями. Наблюдается увеличение обменного кальция в горизонтах ВТ1 и ВТ2 (17–18 ммоль/100 г почвы). Тип гумуса – гуматно-фульватный (отношение $S_{гк}/C_{фк}$ в гумусовом горизонте – 0,57), преобладает первая фракция фульвокислот, негидролизующий остаток – 27 %.

Для дерново-подзолистых почв характерно поверхностное поступление органического вещества с формированием мощного грубогумусового горизонта и образованием при минерализации подвижного фульвокислотного гумуса; мало мощный гумусово-аккумулятивный горизонт с невысоким содержанием гумуса (преобладающая форма гумуса – «модер») говорит о недостаточно активном процессе гумификации, связанной с биоклиматическими особенностями; процесс лессивирования выражен признаками иллювиирования глинистого вещества в виде многочисленных кутан с формированием текстурного горизонта; процесс оглинивания в почвенном профиле проявляется в педогенной структурной организации минеральной массы с образованием комковато-ореховатой и ореховатой структуры, повышенным содержанием ила и несиликатных форм оксидов железа в горизонтах ВТ; насыщенность основаниями по всему профилю, кислая реакция среды всех горизонтов и нейтральная в почвообразующей породе свидетельствует о процессе выщелачивания.

Буроземы темные развиваются в приводораздельных частях склонов северо-западных экспозиций под сосново-лиственнично-березовыми богато-разнотравными лесами. Подстилка состоит из рыхлого опада хвои и листьев, горелый. Грубогумусовый горизонт темно-бурого цвета, слаборазложившийся.

Темногумусовый горизонт серовато-темного цвета, включения углистых частиц, многочисленных древесных и травянистых корней, структура комковатая. Залегающие под ним структурно-метаморфические горизонты ВМ1 и ВМ2 охристо-бурого и палевого цветов, уплотненные, зернисто-комковатой и ореховато-комковатой структуры. Характерно наличие везикулярных пор. Горизонт ВС буровато-палевого цвета, зернисто-комковатой структуры.

Данные химических анализов показывают высокое содержание гумуса в горизонте АU – 6,75 %. Реакция среды слабокислая, нижнего горизонта нейтральная. Наблюдается накопление аморфного железа в верхних горизонтах. Почвенно-поглощающий комплекс насыщен основаниями по всему профилю. Содержание обменного кальция в горизонте АU – 33,8 ммоль/100 г почвы с уменьшением вниз по горизонту и вновь увеличиваясь в горизонте ВС. Тип гумуса в гумусовом горизонте – фульватно-гуматный с преобладанием 1 фракции гуминовых кислот, негидролизующий остаток – 23 %.

Для буроземов темных характерно поверхностное поступление органического вещества с формированием мощного грубогумусового горизонта, мало-мощный темный гумусово-аккумулятивный горизонт, высокое содержание гумуса, насыщенность основаниями по всему профилю, инситная педогенная структурная организация минеральной массы с образованием зернисто-комковатой и ореховато-комковатой структуры, повышенное содержание ила и оксидов железа в горизонтах ВМ, кислая реакция среды по всему профилю и нейтральная в горизонте ВС, фульватно-гуматный тип гумуса с преобладанием бурых гуминовых кислот первой фракции. Все эти признаки дают основание отнести эти почвы к буроземам темным.

Ареалы дерново-подзолистых, буроземов темных встречаются спорадически и требуют определенного сочетания факторов почвообразования в условиях среднегорного рельефа Западного Забайкалья, обуславливающих активное развитие метаморфических процессов, а для дерново-подзолистых почв – текстурной дифференциации.

Серогумусовые почвы широко распространены в ландшафтах контакта тайги и степи Западного Забайкалья под мелколиственными и сосновыми лесами. Для этих почв характерен переход от гумусово-аккумулятивной части непосредственно к почвообразующей породе, обнаруживая отсутствие каких-либо отчетливых признаков, позволяющих выделить горизонт В. Мощность аккумулятивных горизонтов, включая лесную подстилку, сильно варьирует от 8 до 24 см. В горизонтах АУС наблюдаются признаки иллювиирования железа, признаки педогенной структурной организации. Как правило, в нижней части они карбонатны. Карбонатность нижней части профиля остаточная, от предыдущих ксерофитных периодов, когда здесь была распространена обызвесткованная кора выветривания. Подстилка состоит из опада шишек, хвои и листьев. Серогумусовый горизонт буровато-серого цвета, уплотнен, структура комковато-порошистая. Горизонт АУСм неоднородно окрашен, в целом буровато-палевого цвета, уплотнен, непрочнокомковатая структура.

Данные химических анализов показывают низкое содержание гумуса в горизонте АУ – 2,05 % и резкое убывание с глубиной, для всех горизонтов харак-

терна нейтральная среда. Содержание аморфного железа гумусового горизонта – 0,32 %. Среди обменных катионов преобладает кальций. Поглощающий комплекс насыщен основаниями.

Темногумусовые почвы формируются в нижних частях делювиальных шлейфов под разнотравно-пырейными сообществами. В настоящее время практически все распаханы и преобразованы в агроземы темные. Почвообразующей породой часто являются лессовые породы. Агрогумусовый горизонт буровато-темно-серого цвета, плотный, структура зернисто-комковатая. Темногумусовый горизонт темно-серого цвета, плотный, структура глыбисто-комковатая с элементами зернистости. Переходный горизонт АУС буровато-желтого цвета, менее плотный, структура непрочнокомковатая. Горизонт Сdc желтовато-белесого цвета, структура непрочнокомковатая. Наличие пор.

Данные химических анализов показывают низкое содержание гумуса в горизонте АУ – 2,27 % и резкое убывание с глубиной, для всех горизонтов характерна щелочная среда. Среди обменных катионов преобладает кальций. Тип гумуса – фульватно-гуматный, преобладает вторая фракция гуминовых кислот, негидролизующий остаток в горизонте АУ – 28 %.

Светлогумусовые почвы формируются в степном ландшафте нижних частей склонов делювиальных шлейфов и на террасовидных увалах непосредственно на контакте с серогумусовыми и темногумусовыми почвами под злаково-разнотравными сообществами. В настоящее время они практически все распаханы и преобразованы в агроземы светлые.

Агрогумусовый горизонт темновато-серого цвета с желтоватым оттенком, супесчаный, плотный, структура глыбисто-непрочнокомковатая, свежий. Горизонт АJS желтовато-палевого цвета, супесчаный, плотный, свежий, структура глыбисто-комковатая. Горизонт Сdc1 белесовато-желтого цвета, легкосуглинистый, плотный, свежий, структура призмовидно-комковатая (вертикальная столбчатость), вскипает от 10 % HCl. Горизонт Сdc2 белесовато-желтого цвета, легкосуглинистый, плотный, свежий, структура призмовидно-комковатая, вскипает от 10 % HCl. Содержание гумуса в горизонте АJ – 2,32 %, резко уменьшается к почвообразующей породе. Реакция среды слабощелочная верхнего и щелочная нижних горизонтов. Среди обменных катионов преобладает кальций. Почвы насыщены основаниями.

Рассмотренные типы серогумусовых, темногумусовых и светлогумусовых почв, выделенные на основании Классификации и диагностики почв России [3; 4], ранее были известны как дерново-карбонатные выщелоченные почвы (парarendзины) с профилем: А – АС – С [6]. Формирование дерновых почв связано с эволюцией слабо развитых почв. Дальнейшая эволюция парarendзин приводит к формированию буроземов темных остаточно-карбонатных (буроземов оподзоленных) и дерново-подзолистых остаточно-карбонатных почв, что подтверждается эволюционно-генетическим рядом в ландшафтной катене северного макросклона хр. Цаган-Дабан Западного Забайкалья.

Таким образом, в структуре почвенного покрова ландшафтов экотона тайга – степь Западного Забайкалья преобладают почвы органо-аккумулятивного (дернового) типа, далее переходящие в приводораздельной и водораздельной

частях в буроземы темные (оподзоленные) остаточно-карбонатные и дерново-подзолистые остаточно-карбонатные почвы. Почвообразование происходит в условиях денудационно-аккумулятивного тренда педогенеза, что отражает современные ландшафтно-климатические условия – аридность и континентальность.

Литература

1. Виппер П. Б. Послеледниковая история ландшафтов Забайкалья // Докл. АН СССР. 1962. Т. 145, № 4. С. 871–874.
2. Данько Л. В. Эволюция почв экотона тайги и степи Прибайкалья в голоцене // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 17–25.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.
4. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. 150 с.
5. Полинов Б. Б. Кора выветривания // Избр. тр. М. : Изд-во АН СССР, 1956. С. 256–283.
6. Почвоведение. Типы почв, их география и использование. Ч 2 / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М. : Высш. шк., 1988. – 368 с.
7. Особенности почвообразования на лессовых породах северного макросклона хр. Цаган-Дабан Западного Забайкалья / Д. П. Сымпилова, А. Б. Гынинова, А. И. Куликов, Е. Ю. Шахматова, Л. Д. Балсанова, Б. -М. Н. Гончиков, Ц. Ц. Цыбикдоржиев, Н. Н. Хаптухаева, А. Ц. Мангатаев, Н. Б. Бадмаев // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 1. С. 98–110.
8. Сымпилова Д. П., Гынинова А. Б. Почвы подтаежных ландшафтов северных отрогов хребта Цаган-Дабан Селенгинского среднегорья // Почвоведение. 2012. № 3. С. 270–275.
9. Янтранова Н. В., Сымпилова Д. П., Корсунов В. М. Эколого-географический анализ контактной зоны тайги и степи Селенгинского среднегорья // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 179–181.

SOIL GENESIS, GEOGRAPHY AND EVOLUTION OF THE WESTERN TRANSBAIKALIA FOREST-STEPPE ECOTONE

Sympilova D. P.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, darimasp@mail.ru

The peculiarities of soil formation on the contact taiga-steppe – geosystems of the transitional type are considered, where during Holocene occurred repeated changes (fluctuations) of the boundaries of the plant formations, at the same time was a major restructuring of the soil profile in the direction of the forest or steppe type of soil formation. The main background of the soil cover of contact of taiga and steppe of Western Transbaikalia are sod soils in carbonate, carbonate-free and dense silicate rocks.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ РЕЧНЫХ ДОЛИН КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Уманский А. С.

Калининградский государственный технический университет, Калининград,
anton.umanskiy@klgtu.ru

Аллювиальные почвы Калининградской области, занимающие 6 % её площади, продолжают оставаться наименее исследованными по сравнению с почвами других типов. Внимания исследователей преимущественно удостоивался почвенный покров пойм крупных и средних, и, реже, малых рек – Немана [5,7,9], Преголи [4], Прохладной [4], Деймы [10], являющихся водотоками первого порядка. Сведения о почвах пойм малых рек Замландского полуострова — Нельмы и Граевки содержатся в монографии О. А. Анциферовой [1].

Почвенный покров речных долин испытывает интенсивное антропогенное воздействие, связанное как с сельским хозяйством (использованием земель в качестве сельскохозяйственных угодий), так и со строительством. В качестве примера можно привести строительство футбольного стадиона на острове Октябрьском (Ломзе), расположенном между рукавами реки Преголи – Старой и Новой Преголей, так и застройки поймы реки Гурьевки в пределах г. Гурьевска. Поэтому возникает необходимость изучения экологического состояния почв, приуроченных к долинам рек.

В данной работе будут рассмотрены особенности морфологического строения почв долин рек Преголи, Деймы, Прохладной по материалам исследований проведенных в 2003–2008 и 2013–2015 гг.

Почвенный покров долины реки Деймы характеризуется наличием следующих топографических рядов почв: 1) правобережье: дерново-слабоподзолистые супесчаные – дерново-слабоподзолистые легко- и среднесуглинистые – аллювиальные дерновые – аллювиальные болотные иловато-торфяно-перегнойные и иловато-перегнойные глеевые; 2) левобережье : дерново-слабоподзолистые глееватые легко- и среднесуглинистые на тяжелых моренных суглинках – бурые лесные среднесуглинистые на моренных суглинках – аллювиальные болотные иловато-торфяно-перегнойные и иловато-перегнойные глеевые. Почвы элювиальных и трансэлювиальных ландшафтов подверглись заметному антропогенному воздействию, которое выразилось в образовании пахотного горизонта (в пахотных почвах плакоров) глубиной более 20 см с низким (не более 1,5 %) содержанием гумуса. В одном из разрезов отмечено накопление карбонатов в горизонте В₁, связанное с внесением извести. Также отмечалось развитие деградационных (в том числе, эрозионных) процессов, провоцируемых как неправильной обработкой почвы, так и перевыпасом скота (овец), в результате чего происходит полное стравливание травянистой растительности, что приводит к снижению поступления органического вещества в верхние горизонты почв и, соответственно, уменьшению интенсивности гумусообразования, что наглядно отражается в строении почвенного

профиля. Также антропогенной трансформации подверглись и ландшафты поймы, подвергаемые осушительной мелиорации [10].

Согласно исследованиям О. Л. Виноградовой (2002) для долины реки Прохладной характерно наличие катен следующего вида: дерново-скрытоподзолистые супесчаные на водно-ледниковых отложениях – дерново-слабоподзолистые глееватые супесчаные на тяжелой морене – дерново-слабоподзолистые глееватые и глеевые легкосуглинистые на тяжелой морене – аллювиальные дерновые глеевые на аллювиальных отложениях. В ходе исследований 2015 г., проведенных в нижнем течении реки, в 1,5 км выше пос. Ушаково, нам удалось установить, что помимо дерново-слабоподзолистых глееватых почв в транзитных ландшафтах склонов могут формироваться дерново-глеевые почвы, а аллювиальные супесчаные отложения могут подстилаться красноцветными водно-ледниковыми суглинками. При этом отмечается пестрота почвообразующих пород – валунные отложения представлены карбонатными и бескарбонатными суглинками. Почвы имеют дернину мощностью 3–4 см, мощность гумусово-аккумулятивного горизонта дерново-глеевых почв колеблется в пределах от 18 до 21 см. Территория ключевого участка ранее использовалась в качестве сенокосов и пастбищ, в настоящее время находится в залежи, на отдельных участках отмечены несанкционированные свалки металлолома.

Особого внимания заслуживает изучение антропогенного воздействия на речные долины в пределах городов. Несмотря на то что долина реки Преголи в течение более 750 лет подвергается интенсивному антропогенному воздействию [3; 8] степень трансформации почв различна, что связано с особенностями землепользования в долине реки и историей формирования городской застройки [12]. Большая часть поймы реки Преголи застроена жилыми кварталами, также в долине расположены промышленные зоны (в том числе территория Калининградского морского порта), садовые участки, скверы и парки. В ходе исследований почвенного покрова бывшего Ботанического сада Кенигсбергского университета (ныне дендропарк Калининградского областного детско-юношеского центра экологии краеведения и туризма), проведенных летом 2013 г, на верхней надпойменной террасе было отмечено наличие типичных для парков центральной части города урбаноземов [11; 12], тогда как в нижней трети склона речной долины под луговой злаково-бобово-разнотравной растительностью была описана почва, диагностированная как дерново-глеевая антропогенно-измененная, поскольку она имела профиль $A_d(0-2)-A_1(2-23)-Bg(23-40)-G(40-82)$. В толще профиля отмечены типичные для городских почв артефакты — битое стекло, битый кирпич, а так же прослойки песка [11].

Поскольку состояние экологической ситуации на территории большинства речных бассейнов оценивается исследователями как напряженное или конфликтное [2; 6], необходимо более детальное исследование современного состояния почвенного покрова речных долин. В особенности, это относится к почвам, формирующимся вдоль русел мелких водотоков и играющим важную роль в перераспределении вещества и энергии в экосистемах речных бассейнов. В связи с наметившейся тенденцией, направленной на более интенсивное ис-

пользование земельных угодий, следует ожидать увеличения антропогенной нагрузки на почвенный покров речных долин.

Литература

1. Анциферова О. А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение : в 2 т. Калининград, 2008. Т. 2. С. 130–161.
2. Белов Н. С., Зотов С. И. Оценка состояния речных систем Калининградской области // Вестн. РГУ им. И. Канта. Сер. Естеств. науки. 2008. Вып. 1. С. 6–16.
3. Ваулина В. Д., Козлов И. И. К ландшафтной характеристике г. Калининграда // Вопросы географии. Калининград : КГУ, 1970. С. 120–142.
4. Виноградова О. Л. Оценка эколого-геохимической устойчивости почв долинных ландшафтов Прегольской низменности : автореф. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2002. 24 с.
5. Завалишин А. А., Надеждин Б. В. Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. М., 1961. С. 3 –150.
6. Зотов С. И., Белов Н. С. Оценка экологической устойчивости бассейнов Калининградской области к химическому загрязнению // Вестн. РГУ им. И. Канта. Сер. Естеств. науки. 2006. Вып. 1. С. 19–22.
7. Нечай И. Я. Устьевые области рек Нямунаса и Преголи : автореф. ... канд. геогр. наук. Вильнюс, 1961. 11 с.
8. Салихова Е. В. Хроника садов и парков (Кенигсберг-Калининград). Калининград, 2008. 279 с.
9. Рябой В. Е. Ландшафтно-геохимические особенности полейдерных земель (на материале полейдерных земель дельты р. Неман) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 1979. 20 с.
10. Уманский А. С. Почвенный покров бассейна реки Деймы: современное состояние и перспективы рационального использования. Калининград : Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. 141 с.
11. Уманский А. С. Формирование фитоценозов с неспецифическими доминантами на антропогенно-измененных почвах // Культурценозы в экстремальных условиях : материалы науч. конф. с междунар. участием. Апатиты, 2013. С. 176–180.
12. Уманский А. С. Этапы антропогенной трансформации почвенного покрова города Калининграда // Почва – зеркало и память ландшафта : материалы науч. конф. Киров : ВГГУ, 2015. С. 72–76.

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF SOILS THE RIVER DALES OF THE KALININGRAD REGION

Umanskiy A. S.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, anton.umanskiy@klgtu.ru

Soil mantle of river dale of Kaliningrad region have anthropogenic influence from agriculture and building. In the article are considered the result by investigation of morphological properties the soils of river dales Pregolya, Deyma and Prohladnaya rivers. Soddy-podzolic soils of elluvial lanscape have are deep humic-accumulative horizon, but content of humus is low (<1,5 %). The soils of river dale, which located by urban territory, have a different level of anthropogenic transformation. This is depended by peculiarity of land use and history of forming the building. The trend to more intensive land use in river dale are forecast.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Черкашина А. А.¹, Голубцов В. А.¹

¹Институт географии СО РАН, Иркутск, anna_cher.87@mail.ru

Межгорные котловины Байкальского региона отличаются большим разнообразием почв и сложностью их пространственной организации. Одной из наиболее репрезентативных в этом отношении является Тункинская котловина, расположенная на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны. Физико-географическое положение исследуемой территории в пределах Южно-Сибирской физико-географической области наложило ряд своеобразных черт на природные условия этого региона. Широтная ориентация основных орографических элементов, специфика горно-котловинного рельефа, региональные особенности атмосферной циркуляции, местные климатические условия, накладывающиеся на зональные особенности климата, в совокупности обуславливают большое разнообразие ландшафтов, высокую пространственную неоднородность почвенного покрова.

Несмотря на обширные материалы по изучению почвенного покрова (ПП) прилегающих территорий Бурятии, Монголии и Забайкальского края, почвы и ПП Тункинской котловины изучены недостаточно. В связи со сменой методологических концепций в изучении и способах отображения ПП, переходом на субстантивно-генетическую классификацию почв, изменением типов землепользования и антропогенной нагрузки, а также усовершенствованием методов почвенной картографии необходима корректировка существующих почвенных карт.

Для выявления пространственной организации почв на территории Тункинской котловины и ее горного обрамления нами было заложено 29 почвенно-геоморфологических профилей и более 300 почвенных разрезов, вскрывающих как естественные, так и антропогенно-преобразованные почвы. Смена компонентов ПП и их свойств, выявленная в ходе полевых исследований, связывалась с изменениями факторов дифференциации. Для этого использовалась разнокачественная информация: 1) материалы полевых исследований (почвенные и геоботанические описания); 2) топографические карты масштабов 1:100 000 и 1:50 000; 3) данные радарной топографической съемки SRTM и 3-D модели рельефа для оценки крутизны и экспозиции склонов; 4) геологические карты масштабов 1:200 000 и 1:100 000; 5) почвенная карта Тункинского Аймака Бурятской АССР; 6) разновременные космические снимки (Spot, Landsat); 7) ретроспективные топографические карты, масштаба 1:84 000, издания 1896–1914 гг.; 8) материалы аэрофотосъемки (1937 г.); 9) карта хозяйственного использования.

Обработка перечисленных материалов с использованием ГИС позволила произвести группировку факторов дифференциации ПП на территории котловины, осуществить интерполяцию точек почвенного опробования с использованием методов ландшафтной индикации, а также выявить антропогенную

трансформацию ПП, произошедшую за счет смены в структуре землепользования за последние 120 лет. По результатам проведенного исследования составлена карта современного ПП Тункинской котловины масштаба 1:200 000 (рис. 1). Для отображения на карте пространственного распределения почв использована концепция структуры почвенного покрова (СПП) и уровней его организации. В легенде к карте (приведена в табличной форме под рисунком) при помощи знаков отображены категории почвенных комбинаций: без обозначения – комплексы; «·» – пятнистости; «+» – сочетания; «-» – вариации; «х» – мозаики; «:» – ташеты.

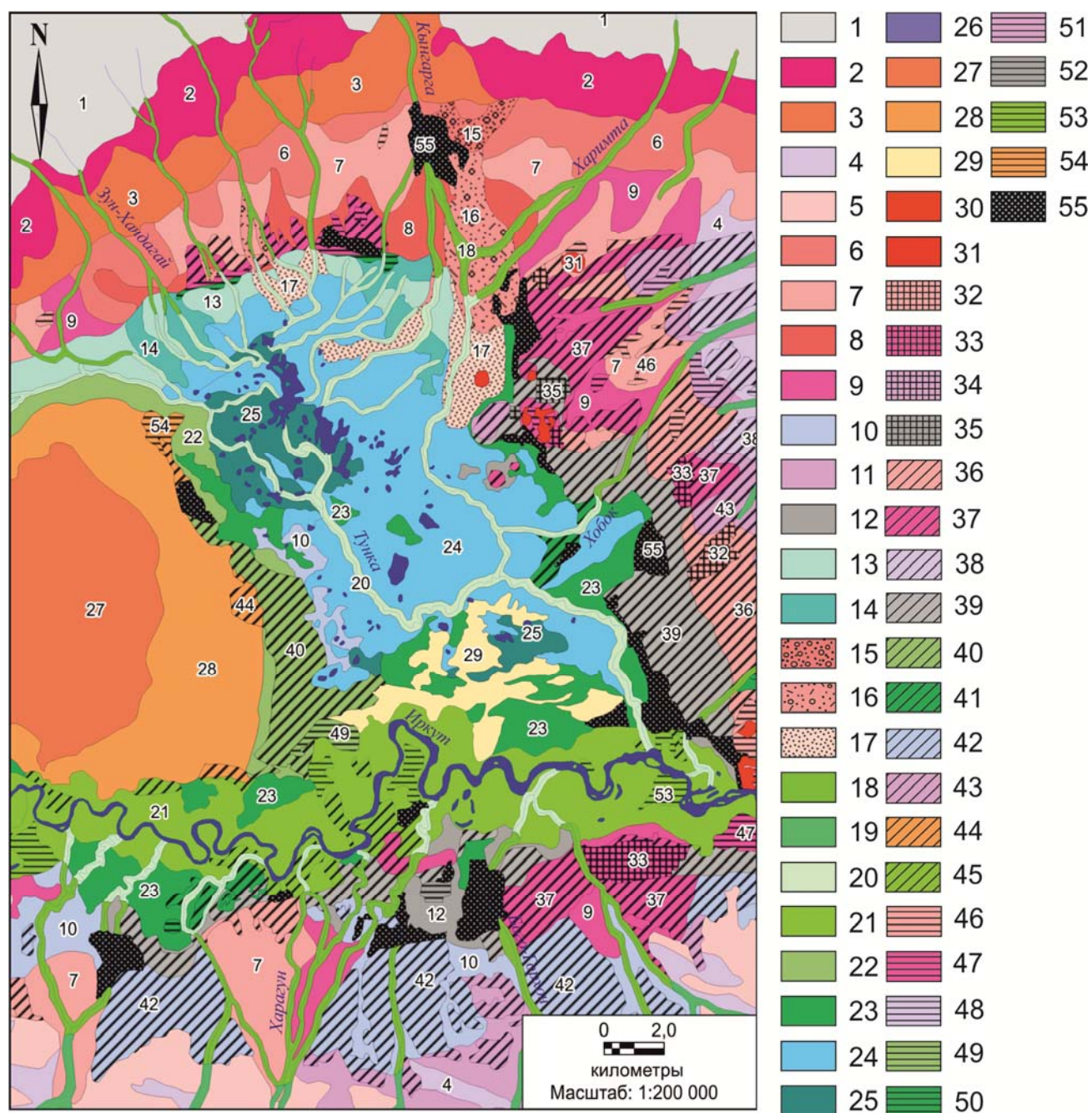


Рис. 1. Фрагмент карты «Почвенный покров Тункинской котловины и ее горного обрамления»

Кон- тур	Почвенная комбинация			Кон тур	Почвенная комбинация		
	основная	сопутствующая	редко встре- чающаяся		основная	сопутствующая	редко встре- чающаяся
КОМБИНАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЧВ				КОМБИНАЦИИ АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ			
<i>Почвы высокогорий, подгольцового пояса и горной тайги</i>				<i>Агрогенные</i>			
1	ВП х ПТгу х ПТ ^{гр}	ЛЗгр: ЛЗгр ^{иж}	ЛЗп-тгу ^{пгу}	32	АЗс : АЗс ^{иж}	АЗал х АЗтд	А _{Аб}
2	ПТгу ^{иж} х ЛЗт ^{иж} х ВП	ЛЗгр ^{иж} + ГУгр ^{иж}	ПБ ^{гр}	33	АЗс	АЗс ^{иж}	Аал
3	ЛЗк х ПТк х ВП	ЛЗгр ^{иж} : ЛЗгр ^{нк}	ГУпт ^{ок} х ПБ ^{гр}	34	АЗс	АЗс ^{иж} х АЗс ^{мм}	АЗс ^{кмм}
4	(См – См ^{ги}) + С	ГУгр ^{мм} + БР ^{гр}	ПБд ^{ги}	35	АЗс : АЗс ^{иж}	АЗт ^{мм} : АЗт ^{ги}	АЗт ^г · АЗт ^{ог}
5	ГУгр ^{иж} : ГУгр ^{кмм}	КБогр	КБо ^г КЗ ^г	<i>Агрогенные реградированные</i>			
<i>Почвы предгорий</i>				36	АЗс : АЗс ^{иж}	АЗал х АЗтд	А _{Аб}
6	ГУгр ^{иж} : ГУгр ^{мм}	ПБ ^{гр} – ПБ ^{оп}	ЛЗгр ^{иж} х ПТ	37	АЗс	АЗс ^{иж} + АЗал	А _{Аб}
7	(ПБд ^{ги} – ПБд ^{оп}) + ПДб	ГУгр ^{иж} х (ГУд ^{ги} : ГУд ^{иж})	ЛЗср ^{иж} х ЛЗгр ^{иж}	38	АЗс	АЗсмс ^{ги} х АЗтд х Ас	АЗс ^{иж}
8	ГУд ^{иж} : ГУд ^{оп} : ГУд ^{мм}	ПБд ^{иж}	ЛЗср ^{иж}	39	АЗс : АЗс ^{ги}	АЗт ^{мм} : АЗт ^{ок} : АЗт ^{ги}	АЗт ^г · АЗт ^{ог}
9	ПБд ^{иж}	ПБ ^{гр} х ГУгр ^{иж}	ПБ ^{иг} – ПБ ^{оп}	40	АЗс : АЗс ^{иж}	АЗт · АЗт ^{ог}	АЗт ^г
10	ГгутГУт ^г ГМгу	ГУгр · ГУгр ^г	КБогр КЗгр ^г	41	АЗт · АЗт ^{гм} · АЗт ^{ск}	А _{Гт} ^п · А _{Гт} ^{мн}	А _{Гп}
11	ГУд ^{иж} : ГУд ^{мм}	ПБд ^{ги}	КБогу	42	АЗт · АЗт ^{ог}	АЗт гм · АЗт ^г	АЗс · АЗс ^г
12	ГУт ^{мм} : ГУт ^{ги}	ГУд ^{мм} : ГУд ^{иж}	ГУт ^г	43	АЗс	АЗс ^{иж} : АЗс ^{мм}	АЗс ^{кмм}
13	Гт ^п · Гт ^{пгу}	ГУгр ^г · ГУгр ^{иж}	КЗ ^г ПБт ^г	44	АЗс	АЗс ^{иж}	АЗал
14	Гт · Гт ^п	Г ^п · Г ^{пгу}	КЗт ^г	45	А _{Алд} · А _{Алд} ^{ог}	АЗт · АЗт ^{гм} · АЗт ^{сн}	А _{Алг} · А _{Алг} ^{сн}
15	ПТ х ПС х ЛЗгр ^{иж} х ВП	ГУд ^{иж} : ГУд ^{оп}	ПБ ^{гр} х ПБд ^{иж}	<i>Постагрогенные</i>			
16	ПС х ПТ х ПЗ	ГУгр : ГУгр ^{иж}	ПБ ^{гр}	46	ГУд ^{иж} : ГУд ^{ги}	ПБд ^{иж} х ПДб	ЛЗср ^{иж}
17	ПС х ПЗ	Гт ^{мн} · Гт ^п	КЗ ^{пг} Г км ^п	47	ГУд ^{иж}	ПБд ^{иж}	ЛЗср х ЛЗср ^{иж}
<i>Почвы речных долин и озерно-болотных низин</i>				48	ГУд : ГУд ^{мм}	Бр + См	С
18	АЛд · АЛд ^г	ГУгр ^г + ПБ ^{гр}	ПТгу х (ЛЗгр ^г Гп ^{ил})	49	ГУд : ГУд ^{иж}	ГУт · ГУт ^{ог}	ГУт ^г
19	АЛд · АЛд ^г	ГУд ^{мм} + (БР ^{гр} · БР ^г)	ЛЗгр ^г х (ГУгр КЗт ^г)	50	ГУт ГУт ^{гм}	Ггут ^{ск}	Гп ^{пгу} · Гп ^{ск}
20	АЛт ^{мн} Гт ^п мт	АЛт · АЛт ^{гм}	АЛд ^г · АЛд ^{ск}	51	ГУд	ГУд ^{иж} х ГУд ^{мм} х ГУд ^{кмм}	ПБд ^{ги}
21	АЛт ^{мн} АЛп-г ^{ил} АЛт ^{сн}	АЛсг ^г + (АЛд ^г · АЛд ^{гск})	ГУгр : ГУгр ^{иж}	52	ГУд ^{мм} : ГУд ^{ги}	ГУт ^{мм} : ГУт ^{ок} : ГУт ^{ги}	ГУт ^г
22	ГУгр ^{иж} · ГУгр ^г	КЗ ^г · КЗ ^п	ПБд ^г	53	АЛд · АЛд ^{ог}	АЛт ^{мн} АЛт ^{сн}	ГУд : ГУд ^{иж}
23	ГУт ^г Ггут ^{ск} ГМгу ^{сн}	Гт · Гт ^п	Гп ^{пгу} · Гп ^{ск}	54	ГУд ^{иж}	ПБд ^{иж}	ГУд ^ф
24	Гт · Гт ^п	Г ^п Гп ^{пгу}	Ггут ^п · Ггут ^{ск}	55	почвы населенных пунктов		
25	Гт · Гт ^{пгу}	Тэг ^п · Тэг ^и · Тэг ^{мз}	Г ^п Гп ^{пгу}				
26	Гт · Гт ^{ктр}	ГУгр ^г КЗт ^г	Гт ^п КЗ ^{пг}				
<i>Почвы на песчаных массивах и вулканических туфах</i>							
27	ПБд ^{иж}	ПБд ^{оп}	ПБд ^{ги}				
28	ПБ ^{гр} + ПБд ^{иж}	ГУгр ^{иж} х ПСгр ^{иж}	ПБд ^ф				
29	Эсл ^{гу} х ПСгу ^{иж} х НП	ГУд ^{ог} х ПБд ^{иж}	КЗгр ^{ск} КЗгр ^г Гп ^{ог}				
	ПБд ^{иж}	ПБд ^х	ПБ ^{гр} : ПБ ^х				
31	ПБ ^{гр} : ПБ ^х	ПБд ^{иж} – ПБд ^{ги}	ПТ ^{нк} х ЛЗгр ^{иж}				

Индексы естественных типов почв: **АЛд** – аллювиальная дерновая; **АЛт** – аллювиальная темногумусовая; **АЛп-г** – аллювиальная перегнойно-глеевая; **АЛт-г** – аллювиальная торфяно-глеевая; **АЛсл** – слоисто-аллювиальная гумусовая; **АЛт-г** – аллювиальная темногумусовая глеевая; **БР** – бурозем; **Г** – глеезем; **Гкм** – глеезем криометаморфический; **Гт** – торфяно-глеезем; **Ггут** – темногумусово-глеевая; **Гп** – перегнойно-глеевая; **ГУгр** – грубогумусовая; **ГУд** – серогумусовая; **ГМгу** – гумусово-гидрометаморфическая; **ГУт** – темногумусовая; **ГУпт** – перегнойно-темногумусовая; **КБо** – криометаморфическая; **КБо гу** – дерново-криометаморфическая; **КБо гр** – криометаморфическая грубогумусовая; **КЗ** – криозем; **КЗгр** – криозем грубогумусовый; **КЗт** – торфяно-криозем; **ЛЗгр** – литозем грубогумусовый; **ЛЗк** – карбо-литозем; **ЛЗп-тгу** – литозем перегнойно-темногумусовый; **ЛЗср** – литозем серогумусовый; **ЛЗт** – торфяно-литозем; **ПБ** – подбур; **ПБд** – дерново-подбур; **ПБт** – торфяно-подбур; **ПДб** – дерново-буро-подзолистая (соответствует региональному типу «скрыто-подзолистых» почв); **ПЗ** – пелозем; **ПЗгу** – пелозем гумусовый; **ПС** – псаммозем; **ПСгу** – псаммозем гумусовый; **ПТ** – петрозем; **ПТк** – карбо-петрозем; **ПТгу** – петрозем гумусовый; **С** – серая; **Сз** – стратозем серогумусовый; **См** – серая метаморфическая; **Тэг** – торфяная эутрофная глеевая; **Эсл** – слоисто-эоловая гумусовая; **НП** – незакрепленные пески; **ВП** – выходы горных пород.

Индексы агрогенно-преобразованных типов почв: **ААб** – агроабразем; **ААЛд** – аллювиальная агрогумусовая; **ААЛдг** – аллювиальная агрогумусовая глеевая; **АГп** – агроперегнойно-глеевая; **АГт** – агроторфяно-глеезем; **Ас** – агросерая; **Агу** – агрогумусовая; **Агу-т** – агротемногумусовая; **АЗс** – агрозем светлый; **АЗт** – агрозем темный; **АЗал** – агрозем альфегумусовый; **АЗсмс** – агрозем структурно-метаморфический; **АЗтд** – агрозем текстурно-дифференцированный.

Индексы подтипов (выделяются на уровне признаков): **г** – глееватый; **ги** – глинисто-иллювиальный; **гр** – грубогумусированный; **гм** – гидрометаморфический; **д** – оземленный (деструктивный); **иг** – иллювиально-гумусовый; **иж** – иллювиально-ожеlezненный; **ил** – иловатый; **кмм** – криометаморфизованный; **ктр** – криотурбированный; **мз** – мерзлотный; **мк** – мицеллярно-карбонатный; **мм** – метаморфизованный; **мн** – минерально-торфяной; **нк** – натечно-карбонатный; **ог** – окисленно-глеевый; **ок** – остаточно-карбонатный; **оп** – оподзоленный; **п** – перегнойный; **пгу** – потечно-гумусовый; **ск** – солончаковатый (засоленный); **сн** – солонцеватый; **ф** – псевдофибровый; **х** – охристый.

Высокая пространственная неоднородность климатических, геолого-геоморфологических и фитоценологических условий обуславливает формирование на территории Тункинской котловины и ее горного обрамления большого разнообразия почв (4 ствола почвообразования, 14 отделов, 56 типов). Ведущие механизмы дифференциации ПП, действующие в пределах генетически сходных морфологических элементов котловины, определяют схожие генетико-геометрические формы структур ПП, обуславливая их закономерную концентрическую смену от горного обрамления к днищу.

В пределах горного обрамления основными факторами дифференциации ПП являются рельеф и минералого-петрографическая неоднородность почво-

образующих пород. Компоненты ПП представлены малыми по площади, часто сменяющимися в пространстве элементарными почвенными ареалами, между которыми существуют слабые односторонние генетические связи, что выражается в отсутствии ясных закономерностей в образуемом ими рисунке. Классы почвенных комбинаций здесь представлены в основном микрокомбинациями (микросочетаниями, микровариациями).

Основными факторами дифференциации ПП в пределах *предгорных наклонных равнин* являются рельеф, литологическая неоднородность почвообразующих пород, активность аллювиально-пролювиальных процессов, ускоренная эрозия, а также антропогенный фактор. Выположенные поверхности предгорных наклонных равнин обеспечивают достаточно сильные односторонние генетические связи между компонентами ПП, что в сочетании с меньшей почвенной неоднородностью вызывает преобладание здесь переходных групп мезокомбинаций (сочетаний мозаик, вариаций ташетов).

Определяющим фактором дифференциации ПП на *участках песчаных массивов* являются эоловые процессы. Они формируют сложные полихронные дефлированно-эолово-аккумулятивные структуры – мозаики слаборазвитых почв, незакрепленных песков и полноразвитых почв. *Песчаный массив Бадар* имеет выположенную поверхность, относительно однородный литологический состав и в настоящее время отличается слабым проявлением эоловых процессов. Это обуславливает формирование значительных по площади элементарных почвенных ареалов, объединяющихся в малоконтрастные почвенные комбинации, представленные вариациями альфегумусовых почв.

Факторы дифференциации ПП *озерно-болотных низин* связаны с различными условиями грунтового увлажнения, обусловленными микро- и нанорельефом. Благодаря этому значительное участие в ПП здесь принимают микрокомбинации (комплексы и пятнистости). Ввиду незначительной минерализации грунтовых вод возникают пятнисто-кольцевые подчиненно-гидроморфные дифференцированно-солонцово-засоленные структуры.

В пределах *аллювиальной равнины* активно протекают русловые процессы, вызывающие как аккумуляцию свежего минерального субстрата, так и его частичный вынос. Значительное участие в создании неоднородности ПП здесь также принимают влияния грунтовых вод и производные от него неоднородные условия засоления и заболачивания. ПП аллювиальных равнин представлен русловыми эрозионно-аккумулятивными и аккумулятивными дифференцированно-солонцово-засоленными структурами.

SOIL COVER OF TUNKA DEPRESSION

Cherkashina A. A., Golubtsov V. A.

¹*V. S. Sochava Institute of Geography, Irkutsk, Russia, anna_cher. 87@mail.ru*

The paper presents the results of investigation and mapping of the soil cover of Tunka depression (South-Western Cisbaikalia). On the basis of principles of substantive-genetic classifica-

tion systematic and diagnostic of the soils of depression has been made. The soils related to 4 trunks of soil formation, 14 branches and 56 types has been distinguished. On the basis of empirical regularities of spatial differentiation of soils a combination of differentiation mechanisms of soil cover within the main morphological elements of Tunka basin (surrounding mountains, sloping foothills and alluvial plains, lake-marsh lowlands and sandy massifs) have been recognized. On the basis of concept of the structure of the soil cover and the levels of its organization we mapped the soil cover of the study area at a scale 1: 200 000. To do this, we apply digital terrain models based on SRTM, the 3-D terrain models, different scales and different time geological, topographical and land-use maps, as well as data of remote sensing.

ПИРОГЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В ПОЧВАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Е. Ю. Шахматова

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
ekashakhmat@mail.ru

В Западном Забайкалье низовым пожарам ежегодно подвергаются значительные площади лесных ландшафтов. Высокая пожароопасность лесов обязана резко континентальному климату и его неустойчивости. В теплый период ввиду жаркой и сухой погоды, сильного и переменного ветра, сухих гроз, пожары в лесах практически бесконтрольны. Этому способствуют горно-котловинный рельеф, преобладание хвойных насаждений с высоким процентом сухих и мертвопокровных типов леса, а также наличие вырубок, площади которых увеличиваются с каждым годом.

Учитывая влияние лесных пожаров на трансформацию экосистем, необходимо отметить их важную роль как субфактора современного почвообразования, оказывающего влияние на функционирование почв лесных ландшафтов.

Цель работы – выявить пирогенные трансформации в почвах сосновых лесов Западного Забайкалья после низовых пожаров.

Исследования проводились в сухих сосновых лесах Селенгинского среднегорья, в бассейне р. Воровка.

Климат территории резко континентальный. Средние годовые температуры колеблются от $-4,2^{\circ}\text{C}$ до $-5,0^{\circ}\text{C}$. Весна и начало лета отличаются высокой сухостью воздуха и почвы, незначительными осадками и сильными ветрами. Влажность воздуха в это время составляет 30–40 %, а в отдельные дни – 10 %. Продолжительность вегетационного периода составляет 130–155 дней. Средняя величина выпадения атмосферных осадков – 250 мм в год. Несмотря на то, что их наибольшее количество (70–80 %) приходится на летние месяцы, здесь имеют место засушливые периоды, которые в свою очередь являются причиной высокой горимости сосняков и многочисленных крупных пожаров [2].

Объектом исследований явились дерново-подбуры на разновозрастных гарях в сосновых лесах Селенгинского среднегорья.

С целью изучения пирогенных трансформаций в почвах были заложены пробные площади (ПП) в исследуемых сосняках. Давность пожаров на пробных площадях определяли согласно «Книгам учета лесных пожаров» и отчетам агентства лесного хозяйства Республики Бурятия. На пробных площадях закладывались почвенные разрезы, изучалась морфология почв. Свойства почв определялись общепринятыми методами [1; 3].

В дерново-подбурях на гарях выявлена трансформация верхней части профилей и проявляются первые признаки пирогенного влияния на почвы. Подстилка неоднородна по степени трансформации составляющего ее материала и содержит многочисленные угольки. Ее мощность сильно варьирует и зависит от давности гари и возраста древостоя. Выявлено, что мощность и запасы подсти-

лок на свежей гари меньше чем на 10-летней, соответственно в 2 и 4 раза. Гумусо-аккумулятивный горизонт в почве на свежей гари менее мощный. Он характеризуется более темной окраской в результате прокрашивания его за счет затеков пирогенного органического вещества, наличием многочисленных включений в виде черных пятен и углей разных размеров и ярко выраженной по цвету волнистой или кармановидной границей перехода в иллювиальный горизонт. Горизонт BF плотнее в верхней его части, имеет меньшую мощность в отличие от почвы на старой гари и буровато-охристую окраску с пятнами и вкраплениями, потеками темно-серого и бурого цвета по ходам мелких корней, количество которых увеличивается в нижней части горизонта. В нижней части иллювиального горизонта и почвообразующей породе не выявлено видимых признаков пирогенного воздействия. Обобщенная формула организации почвенного профиля дерново-подбуров на молодых гарях имеет следующий вид: O_{pir}-A_{Ypir}-BF-C.

Результатом высокоинтенсивных, а также часто повторяющихся пожаров на склонах является уничтожение живого напочвенного покрова, выгорание подстилки и верхнего органогенного горизонта почвы. Последнее способствует активизации процессов плоскостной эрозии, смыву мелкозема и его отложению в делювиальной части склонов, где формируются полициклические почвы, в морфологическом строении профилей которых выделяются маломощный горизонт подстилки, верхний органогенный песчаный и погребенные гумусовые горизонты с обильным включением черных древесных углей.

Таким образом, пирогенные трансформации в морфологическом строении почв гарей проявляются по-разному, как в органических, так и в минеральных горизонтах.

Вследствие пожаров происходит трансформация физических свойств верхних горизонтов профилей почв. При сгорании подстилки поступающие на поверхность почвы частицы угля и золы вызывают увеличение ее плотности. В результате этого в верхних пирогенных горизонтах почвы свежей гари наблюдается рост показателей объемной (ОМ) и удельной массы (УМ), связанный с их уплотнением и уменьшаются значения общей порозности в связи с ухудшением в них аэрации в результате уменьшения объема влагопроводящих пор. В полициклической почве показатели ОМ и УМ высокие по всему профилю как результат периодического слепожарного смыва и отложения песчаных наносов в средней и нижней частях склонов. В целом, в почвах после пожаров уменьшаются значения общей порозности, гигроскопической влаги и коэффициента фильтрации воды.

Химические показатели почв после пирогенного воздействия трансформируются в большей степени. При сгорании органики в верхних горизонтах почв и высвобождении значительных концентраций зольных веществ, происходит изменение таких показателей, как реакция среды, гумус, азот, обменные катионы.

В подстилках на старой гари значения pH – кислые, на свежей гари – ее величина приближается к нейтральной. В целом, в органогенных горизонтах почв наблюдается слепожарное изменение кислотности в щелочную сторону. В почве на свежей гари происходит увеличение содержания гумуса и катионов

кальция в органогенных горизонтах и оксалоторастворимого железа, извлекаемого вытяжкой Тамма в иллювиальной части профиля. В органогенных горизонтах уменьшается содержание азота в результате частичного сгорания его органических соединений. В полициклической почве наблюдается полимодальное распределение показателей гумуса, азота и обменных катионов по профилю.

Таким образом, под влиянием активно действующих низовых пожаров в почвах сосновых лесов Западного Забайкалья в первые послепожарные годы происходят трансформации их морфологических, физических и химических свойств. Степень выраженности послепожарных трансформаций в дерново-подбурах находится в тесной зависимости от давности пирогенного воздействия.

Литература

1. Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
2. Жуков В. М. Климат Бурятской АССР. Улан-Удэ, 1960. 188 с.
3. Теории и методы физики почв: коллективная монография / под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. М. : Гриф и К, 2007.— 616 с.

PYROGENIC TRANSFORMATIONS IN SOILS OF WESTERN TRANSBAIKALIA

E. Yu. Shakhmatova

«Institute of General and Experimental Biology SB RAS», Ulan-Ude

e-mail: ekashakhmat@mail.ru

Significant areas of forest landscapes in the Western Transbaikalia annually are damaged by surface fires. The results of their exposure are the transformation of morphological, physical and chemical properties of soils. Chemical soil parameters are transformed in a greater degree. Organogenic soil horizons are exposure to significant pyrogenic changes. The degree of soil transformations is closely dependent on the age of pyrogenic effects.

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ С ПОГРЕБЕННЫМИ СТВОЛАМИ ДЕРЕВЬЕВ В ПОЙМЕ РЕКИ МУЯ

Швецов С. Г.¹, Воронин В. И.²

¹ Иркутский государственный университет, shvetsov@sifibr.irk.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской
академии наук, bioin@sifibr.irk.ru

В аллювиальных отложениях реки Муя (приток Витима на севере Бурятии) на глубине нескольких метров обнаружены погребенные завалы стволов деревьев, имеющих, по-видимому, внушительный возраст □□□. Такая ископаемая древесина является ценным источником информации для изучения древних экосистем. Актуальной задачей является установление возраста и условий захоронения древесины. Для этого используются разные методы – дендрологические, палинологические, стратиграфические, изотопные и другие, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Очевидно, что наиболее объективные результаты могут быть получены при комплексном использовании всех подходов.

Настоящее исследование было проведено в связи с отбором проб древесины в пойме реки Муя из погребенных аллювиальными отложениями завалов деревьев, вскрытых течением реки. На основании морфологического описания разреза и результатов гранулометрического анализа аллювия была сделана попытка оценить условия захоронения стволов и время, прошедшее с момента погребения завалов.

В процессе работы проводилась вертикальная зачистка берега, начиная от бровки берегового уступа до уровня воды в русле реки, морфологическое описание разреза и отбор проб грунта для гранулометрического анализа. Было обследовано 2 участка: 1-й – на правом берегу расстоянии 14 км от устья (в 2 км выше по течению от устья р. Мудириккан), 2-й – на левом берегу на расстоянии 16 км от устья (оба участка на вогнутом, подмываемом берегу излучины реки).

Результаты

Разрез № 1 заложен на правом берегу реки. Общая высота берегового уступа 3,5 м от уреза воды до бровки. Верхняя вертикальная стенка, высотой 1,5 м переходит в крутой (45–60°) откос обрушенного с берега и нанесенного во время половодья материала. Поверхность поймы, постепенно понижаясь от берега, пересекается невысокими грядами, небольшими буграми и западинами, полусгнившими стволами поваленных деревьев. На расстоянии до 15–20 м от бровки поверхность почвы с невысокими буграми и неглубокими западинами (до 0,5 м), сложена среднезернистым песком, покрыта скудной травянистой растительностью и опадом хвои лиственницы. Растительность: редкий лиственничный лес с примесью ели, сосны и березы, на береговом откосе и валу ивы, в глубине берега – ольха, ерник и др.

В разрезе можно выделить 3 фации осадков (сверху вниз): а) прируслового вала, б) центральной поймы, в) озерно-речная (старичная).

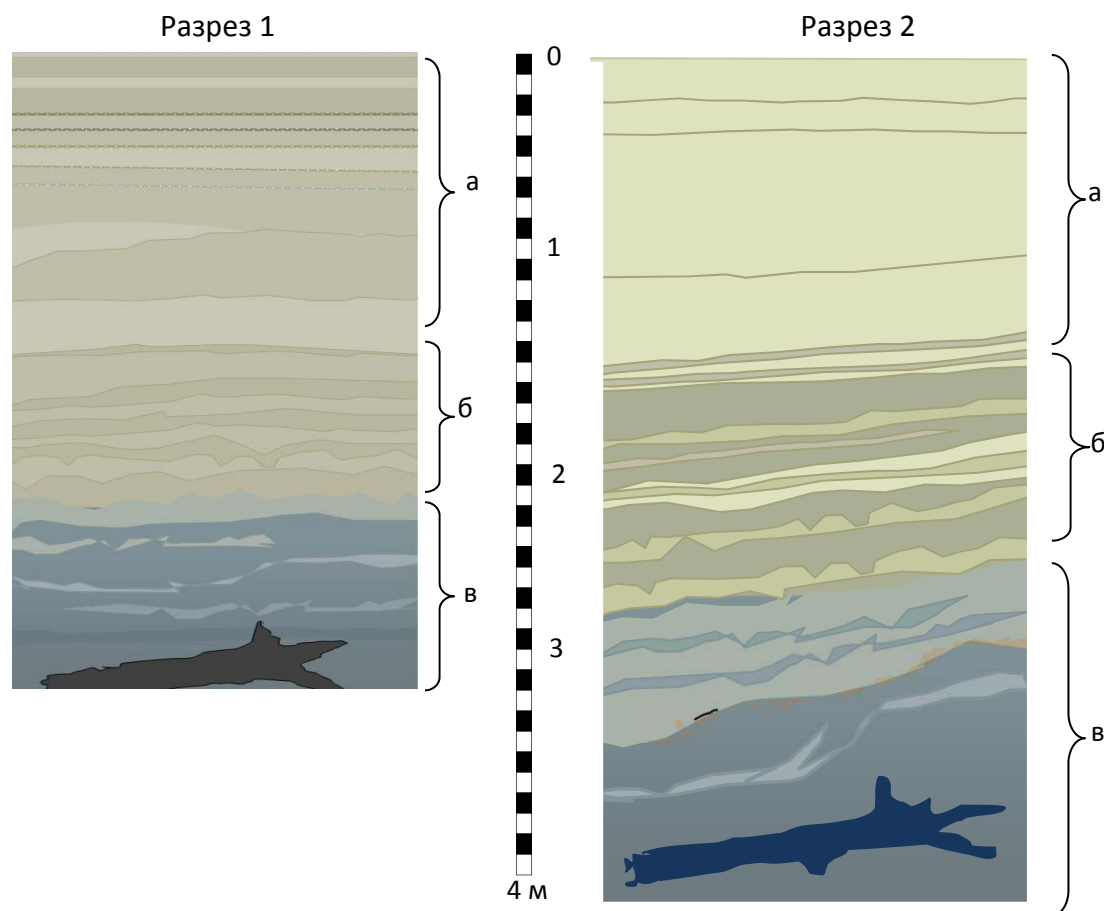


Рис. 1. Разрезы пойменных отложений реки Муя в местах нахождения погребенных стволов деревьев. а, б, в – фации отложений берегового вала, центральной поймы, и старичные, соответственно

Фация прируслового вала (0–130 см) представлена горизонтально расположенными слоями среднезернистого песка светло-серого и серого цвета. Верхняя часть фации (0–27 см) состоит из двух серых слоев, разделенных прослойкой (2–4 см) светло-серого цвета. Средняя часть фации (27–60 см) состоит из 3 слоев светло-серого среднезернистого песка, отграниченных от вышерасположенных слоев тонкими (до 1 см) прослойками органогенного вещества бурого цвета. Нижняя часть фации (55–130 см) представлена среднезернистыми песками светло серого до серого цвета с неясно выраженной субгоризонтальной слоистостью. По всему горизонту встречаются корни растений.

Фация центральной поймы (130–220 см) состоит из серий тонких слоев (1–3 см) мелкозернистого песка разных оттенков серого цвета, чередующимися с линзами светлосерого среднезернистого песка. В нижней части горизонта субгоризонтальное расположение слоев сильно нарушается криотурбацией.

Озерно-речная фация пойменных отложений (190–350 см) представлена субгоризонтально расположенными нерегулярно (криотурбация) волнистыми тонкими (до 0,1 см) слоями сизовато-серого алеврита, чередующимися с ред-

кими прослоями и линзами серого мелкозернистого песка. Встречаются небольшие пятна и тонкие прослойки ржавого цвета. На глубине 280 см обнаружен ствол дерева 20–30 см в диаметре.

Разрез № 2 заложен на левом берегу в 200-х метрах (ниже по течению) от пересекающей реку ЛЭП. Вверх по течению, в 50–100 м от ЛЭП, река подмывает коренной (террасовидный, высотой 40–60 м) песчаный берег реки, длиной около 250–300 м. В 50 м от места заложения разреза (выше по течению) на поверхность (на уровне уреза воды и ниже) выходят моренные отложения, представленные грубоокатанными обломками (размером до 20–30 см) темной горной породы. В этом месте коренной берег круто поворачивает в сторону от русла реки. Вдоль подножия склона располагается заросшее редколесьем заметное понижение (вероятно бывшая старица), шириной 10–20 м (длину не определяли), отгороженное от основного русла песчаным перешейком высотой до 3 м и шириной 30–40 м. В месте заложения разреза береговой уступ высотой около 5-ти м, крутизной около 50–60°, частично закреплен корнями кустарников и травянистых растений. Вниз по течению, на расстоянии 100–150 м, береговой уступ понижается до 2–2,5 м.

В полученном разрезе можно выделить 3 фации: а) берегового вала, б) пойменную, в) старичную.

Береговой вал (0–155 см) представлен среднезернистым песком желтовато-светлосерого цвета, слоистость которого наблюдается только в верхней (2 слоя по 10 см) и нижней (1 слой, 18 см) части фации, ограниченные сверху 2-сантиметровым слоем более темного материала. Корни кустарников только в верхней части фации.

Пойменная фация (155–280 см) состоит из горизонтально расположенных пачек сравнительно тонких (до 1 см) слоев мелкозернистого песка разных оттенков серого цвета, чередующихся с редкими прослоями среднезернистого песка светло-серого цвета. В нижней половине горизонта слои аллювия отклоняются от горизонтального положения и наклоняются в сторону, противоположную течению реки. В дальнейшем этот наклон сохраняется до конца разреза. В нижней части горизонта заметны изменения структуры, связанные с криотурбацией и солифлюкцией.

Старичную фацию можно разделить на 2 подфации: озерно-речную и озерно-болотную. Озерно-речная подфация (280–330 см) представлена неявно выраженными пачками тонких слоев темно-серого с сизоватым оттенком алевролита и отдельными линзами светло-серого тонкозернистого песка. Параллельность слоев или слабо выражена или сильно нарушена в результате криотурбации. По всему горизонту нерегулярно расположены пятна и потеки ржавого цвета, наибольшая концентрация которых наблюдается на границе с нижерасположенной подфацией. Граница между подфациями неровная вследствие солифлюкции.

Озерно-болотная подфация (330–410 см) состоит из голубовато-сизого цвета суглинка с вытянутыми субпараллельно друг другу небольшими (длина до 15 см, ширина – до 5 см) линзами серовато-сизого алевролита. В нижней части горизонта, на глубине 450 см обнаружены остатки ствола дерева.

Обсуждение

Проведенное исследование показывает, что погребенные стволы деревьев находятся в самых нижних слоях отложений, вскрытых разрезами. Цвет (от сизовато-серого до голубовато-сизого) этих слоев, обусловленный, по-видимому, соединениями двухвалентного (закисного) железа указывает на среду восстановительного характера, возникающую во влажных анаэробных условиях. Гранулометрический состав отложений, представленный преимущественно тонкими фракциями, указывает на осаждение взвешенного в воде материала в стоячей или слабо проточной воде. Эти условия соответствуют старицам или старым протокам, изредка заполняемым водой при наводнениях □□□.

Следы криогенеза (криотурбация и солифлюкция), отмеченные на границе старичной и пойменной фаций говорят о том, что старичный аллювий был заморожен после погребения в нем стволов деревьев (возможно, что отложение осадков и их замораживание происходили попеременно в течение довольно длительного времени). Возможно (но маловероятно) также, что замораживанию могла быть подвергнута сразу вся толща отложений, а следы криогенеза на границе пойменного и старичного аллювия могли возникнуть недавно вследствие оттаивания поверхностного слоя. Тем не менее, ясно, что погребенные стволы деревьев перед обнажением находились в условиях, способствующих их длительной консервации (анаэробиз и замораживание).

Характер аллювиальных отложений в обоих разрезах показывает, что старичные отложения последовательно перекрывались сначала отложениями поймы, а затем отложениями берегового вала, т. е. произошло максимальное продвижение русла реки к границе поймы (в места нахождения стариц). Это наиболее отчетливо проявляется в случае разреза № 2, который находится вблизи (а может и в пределах) старицы, расположенной под коренным берегом. По гидрологическим данным □□□ этот участок реки находится в зоне свободного меандрирования, когда к границам поймы с определенной периодичностью приближаются (или движутся вниз направлению течения реки) вершины излучин русла реки. Можно полагать, что в обоих случаях наблюдалось завершение цикла формирования излучины (или приближения вершины излучины к данному пункту). Ширина поймы на этом участке – от 1600 до 3200 м, плановые деформации русла (размыв и намыв берега) при формировании излучины – от 0,5 до 1,0 м/год, расстояние между вершинами излучин 2–4 км, цикл формирования которых составляет при этом от 3000 до 4000 лет. Последние числа (3000–4000 лет) можно считать наименьшим возрастом образования старичных отложений и, следовательно, принимать за возраст погребенных в них стволов деревьев.

Литература

1. Воронин В. И., Осколков В. А., Буянтуев В. А. Дендрохронология Северного Прибайкалья // Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы : материалы Междунар. Науч.-техн. юбилейной конф. (Воронеж, 21–22 мая 2015 г.). Воронеж, 2015. С. 201–203.
2. Динамическая геоморфология : учеб. пособие / под ред. Г. С. Ананьева, Ю. Г. Симонова, А. И. Спиридонова. М. : Изд-во МГУ, 1992. 448 с.

3. Рекомендации по учету деформаций речных русел при проектировании инженерных сооружений на реках зоны Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. Л. : Гидрометеоиздат, 1983.

BURIED WOOD IN ALLUVIAL DEPOSITS OF THE MUYA RIVER

S. G. Shvetsov¹, V. I. Voronin²

¹Irkutsk State University, shvetsov@sifibr.irk.ru

²Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, bioin@sifibr.irk.ru

Significant deposits of tree trunks observed on the alluvial exposures of the Muya river, starting from a depth of 3–4 m. Anaerobic conditions, the reduction environment and long-term frozen state of this layer contributed to the good preservation of wood. The location of observations and sampling were within the zone of free meandering of the river channel. The width of the floodplain in this stretch was from 1.5 to 2 km. Planned deformation of river channel due to the meandering process was about 0.5 m per year. Stratigraphic analysis of sedimentary strata has been done to assess the age of layer that contains the buried trunks. Three facies of the sedimentary layers are clearly distinguished in the alluvium (top to bottom): the facies of the coastal shaft, facies of the central floodplain and facies of the oxbow sediments. Buried tree trunks were in the layer of oxbow deposits. Apparently, the river completes the cycle of the meander formation at this place. These data suggest that a layer of alluvium with ancient tree trunks can be from 3000 to 4000 years.

МИГРАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ СВИНЦА В УРБОНАЗЕМАХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Легостаева Я. Б., Сивцева Н. Е.

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера Северо-Восточного
федерального университета Ylego@mail.ru

Свинец является токсикантом глобального значения, загрязнение экосистемы которым имеет преимущественно антропогенное происхождение. При этом отмечено, что в период 1990–2003 гг. уровни содержания свинца в воздухе сократились на 50–70 %. Аналогичным образом сократились и уровни атмосферного осаждения [2]. Глобальное выделение свинца в год из природных источников составляет 12 тыс. т, а антропогенная эмиссия составляет 332 тыс. т [11].

Наиболее серьезным источником загрязнения свинцом селитебных территорий являются выхлопы автомобильных двигателей. Антидетонатор тетраметил – или тетраэтилсвинец – прибавляют к большинству бензинов, начиная с 1923 г., в количестве около 80 мг/л. При движении автомобиля от 25 до 75 % этого свинца в зависимости от условий движения выбрасывается в атмосферу [3]. Основная его масса осаждается на землю, но и в воздухе остается заметная ее часть. Из атмосферы в почву свинец попадает чаще всего в форме оксидов, где постепенно растворяется, переходя в гидроксиды, карбонаты или форму катионов.

На данный момент накоплено достаточно много информации о содержании свинца и его соединений в компонентах экосистем, в том числе и техногенно-преобразованных ландшафтов [4; 9; 10; 12; и др.]. Распределение и формы нахождения Pb в биосфере Якутии наиболее подробно рассматривал В. Н. Макаров, в результате работ которого было выявлено, что в природных условиях Якутии наиболее распространены соединения свинца, в которых он находится в степени окисления +2 [7].

Особенности распределения свинца в почвенном покрове, накопление его в урбанизированных районах криолитозоны, подверженных в последнее время интенсивному техногенному прессу практически не исследованы. В то же время, проблема свинцового загрязнения имеет важное значение, как для понимания процессов, протекающих в естественных и искусственных экосистемах, так и для решения практических задач, связанных с охраной окружающей среды селитебных территорий в условиях сплошного распространения многолетне-мерзлых пород. В настоящей статье представлен экспериментальный материал, собранный в период с 2009 по 2015 г. иллюстрирующий содержание и распределение подвижных форм свинца в урбоэкосистеме на территории одного из наиболее крупных городов криолитозоны – г. Якутска.

Город Якутск и его пригороды расположены в пределах Центрально-Якутской низменности на левом берегу реки Лена, в её среднем течении 62° 2'2» северной широты, 129° 43'59» восточной долготы. Территория города имеет радиально-кольцевую структуру планировки и занимает 160 км², общей

протяженностью с севера на юг более 20 км, а с запада на восток, с учетом дачных построек до 15 км.

В ходе полевых наблюдений заложено 35 разрезов в пределах селитебной и пригородной зон г. Якутска с морфологическим описанием профиля урбано-земов и отбором проб по всем слоям и сохранившимся почвенным генетическим горизонтам. Кроме этого для радиальной полиэлементной характеристики загрязнения поверхностных слоев городских почв отобрано порядка 460 проб с глубины 0–10 см, в том числе 259 проб на постоянных мониторинговых площадках.

За значения локального фона приняты рассчитанные параметры по содержанию подвижных форм микроэлементов в почвах и грунтах на территории г. Якутска (2009–2011 гг.), общая выборка составляет $n = 112$ проб. Спектр анализируемых микроэлементов подобран на основе выводов предыдущих лет исследований [5; 6].

Определение подвижных форм свинца проведено на многоканальном атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915 ЛЮМЭКС». Реагентом служил 1н HNO_3 , выбор данного реагента основан на его способности «вытягивать» порядка 90 % подвижных форм микроэлементов.

Благодаря географическим и геохимическим особенностям территории расположения г. Якутск, фоновые параметры содержания микроэлементов в почвах природных ненарушенных ландшафтов характеризуются своей спецификой, например, фоновое содержание меди в почвах выше, чем предельно-допустимые концентрации (далее ПДК) по санитарно-гигиеническим нормативам для подвижных форм данного элемента в почвах. В таблице 1 представлены средние содержания подвижных форм семи наиболее значимых микроэлементов в грунтах и городских почвах селитебной зоны г. Якутска за период 2009 – 2015 гг.

Таблица 1

Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах г. Якутск

Год исследований	Среднее содержание, мг/кг						
	Pb	Ni	Mn	Co	Cr	Zn	Cu
2009 г. (n = 32)	5,5	0,78	48,904	0,54	1,13	9,60	5,52
2010 г. (n = 33)	12,0	2,46	61,13	2,39	5,54	183,59	15,93
2011 г. (n = 59)	8,5	2,33	85,582	1,88	2,36	18,90	3,06
2012 г. (n = 73)	4,9	1,55	36,678	0,99	1,34	7,57	3,68
2013 г. (n = 62)	13,4	2,73	85,582	0,64	1,13	9,04	2,91
2014 г. (n = 34)	5,2	2,38	36,678	1,48	4,85	4,65	1,56
2015 г. (n = 41)	6,5	2,71	48,904	1,45	3,76	25,43	8,43
Фон (n = 112), мг/кг	3,36	2,51	122,26	1,95	2,11	5,58	9,39
ПДК подвижных форм, мг/кг	6,0	4,0	140,0	5,0	6,0	23,0	3,0

При интегральной оценке всех геохимических показателей можно с определенной точностью утверждать, что основную экологическую опасность представляют тенденции накопления в грунтах г. Якутска свинца, цинка и кадмия, которые являются элементами первого класса опасности [ГОСТ 17.4.1.02-83].

Свинец, как и другие тяжелые металлы, накапливается в почвенной толще, особенно в верхних органогенных горизонтах и слоях. Период полуудаления свинца из почвы составляет 740–5900 лет в зависимости от типа почвы [Геохимия, 1989].

Специфические условия геохимической обстановки зоны гипергенеза в городе, и прежде всего, щелочная среда почвенных растворов ($\text{pH}=7,6\text{--}9,7$), способствует фиксации свинца, в основном, в виде труднорастворимых соединений. По данным В. Н. Макарова в 2002 г. валовое (общее) содержание свинца в почвах г. Якутска в среднем составляло 50,0 мг/кг. В городских почвах, особенно в центральной части города на пересечении основных автомобильных магистралей г. Якутска за период с 1982 по 2002 г. фиксировалось увеличение средней концентрации валовых содержаний свинца в 4 раза.

В палисадники и придорожные газоны центральной части города, начиная с 2011 г., регулярно подсыпают новый грунт. В результате чего почвенный материал обновляется с уменьшением содержания свинца, в том числе и его подвижных форм, в верхних слоях. В связи с этим на сегодняшний день по значениям средних содержаний подвижных форм Pb в поверхностном слое 0–10 см по годам исследования наблюдается незначительное снижение концентраций (рис. 1). Содержание подвижных форм Pb за последний пятилетний период варьирует в пределах от 2,8 до 5,1 %.

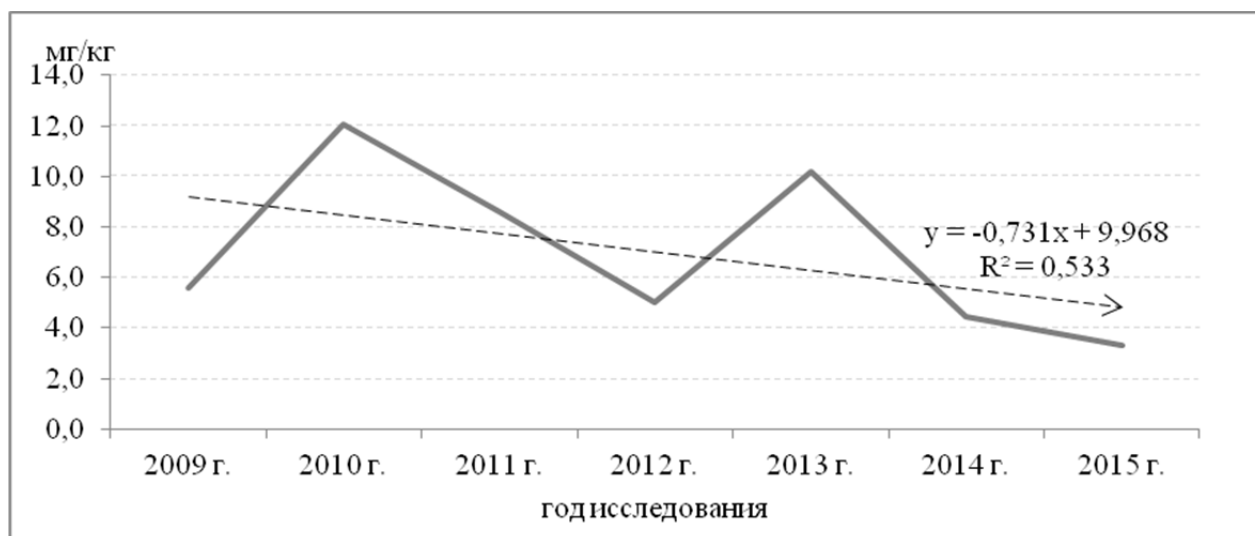


Рис. 1. Вариации средних содержаний подвижных форм свинца в поверхностном почвенном слое 0–10 см по годам исследований

Растворимость соединений в почвах имеет большое значение для их биологической подвижности, доступности поглощения микроэлементов растениями и их миграционной способности. Как правило, в природном состоянии почвы обладают буферными свойствами и способны к самоочищению. В случае урбаноземов или городских почв процессы самоочищения замедлены или не работают вследствие угнетения почвенной биоты.

Отличительным свойством природных почв Якутии, особенно в пределах формирования многолетнемерзлых пород, является присутствие в почвенном

профиле мерзлоты на уровне горизонта С или ВС. Поэтому внутрипрофильное распределение микроэлементов контролируется не только биогенной аккумуляцией, но и криогенным перемешиванием с формированием надмерзлотного геохимического барьера, выступающего в роли депонирующего экрана или датчика на пути движения подвижных и водорастворимых форм элементов.

Наличие биогенного и надмерзлотного барьера с максимумами накопления элементов, в том числе и свинца, характерно и для урбаноземов г. Якутска [8]. В профиле урбаноземов г. Якутска распределение подвижных форм свинца носит, в основном, неравномерный скачкообразный характер, зависящий как от материала наслоений, так и от сложившихся условий формирования профиля (рис. 2).

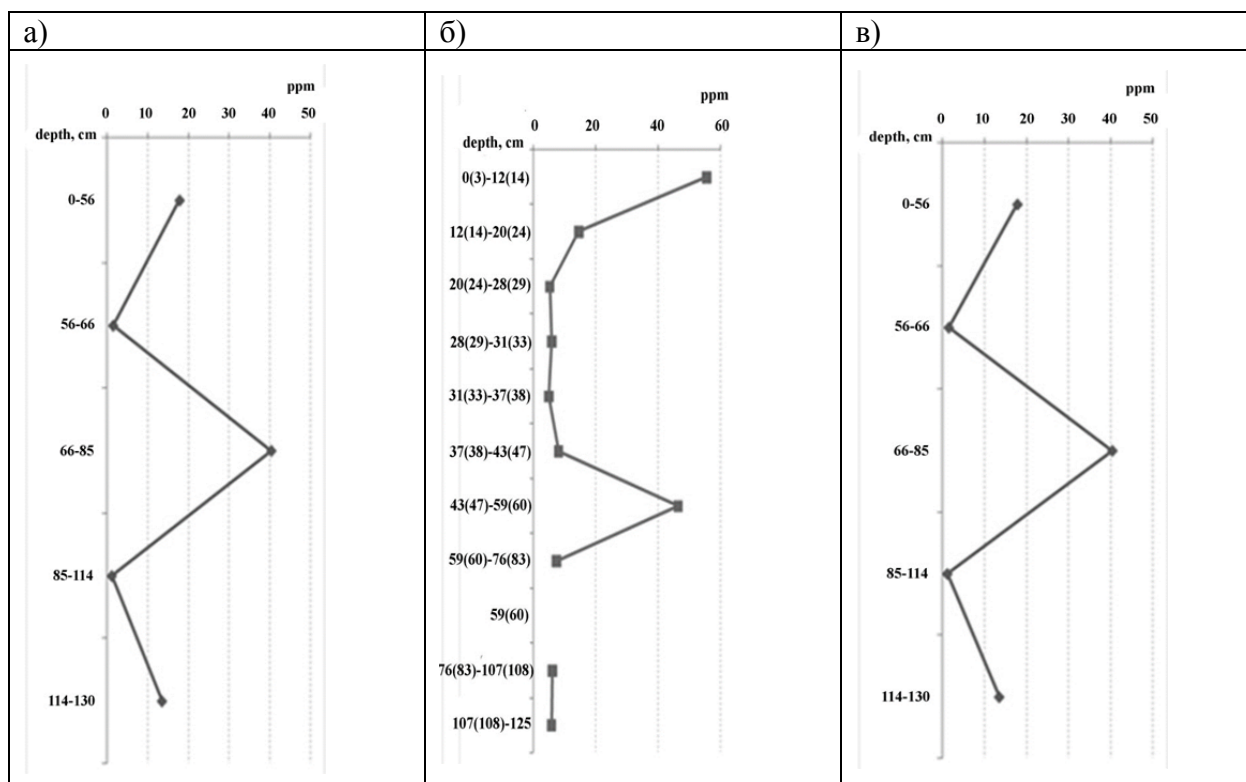


Рис. 2. Внутрипрофильное распределение подвижных форм Pb в разных типах урбаноземов г. Якутск. а) Р-1-08 – урбанозем насыпной; б) Р-2-08 – урбанозем перемешанный в) Р-1-10 – экранозем

При этом с неизменными пиками концентрации в поверхностном и надмерзлотном горизонте. Кроме того, отмечены общие тенденции накопления подвижных форм свинца на глубине 50–70 см.

Несмотря на рассеяние или миграцию свинца вниз по почвенному профилю, в сопредельные среды, например, городские озера, в целом просматривается общая закономерность к повышению концентрации подвижных форм Pb непосредственно в минеральной части почвенной толщи.

Таким образом, территория г. Якутска находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Основную экологическую опасность представляют тенденции накопления в грунтах г. Якутска свинца, цинка и кад-

мия. Содержание подвижных форм Pb в грунтах городских почв за последний пятилетний период варьирует в пределах от 2,8 до 5,1 %. Внутрипрофильное распределение подвижных форм свинца носит неравномерный скачкообразный характер, зависящий от материала наслоений, от сложившихся условий формирования профиля, с пиками накопления на глубине 50–70 см.

В системе урбаноземы – поверхностные озерные воды – донные отложения свинец выступает как легкий и подвижный мигрант.

Литература

1. Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах / под ред. М. А. Глазовской. М. : МГУ, 1983. 195 с.
2. Доклад о свинцовом загрязнении окружающей среды Российской Федерации и его влиянии на здоровье населения. М. : РЭФИА, 1997.
3. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 2. Главные р-элементы / под ред. Э. К. Буренкова. М. : Недра, 1994. 303 с.
4. Кашин В. К., Иванов Б. М. Свинец в почвах Юго-Западного Забайкалья // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1502–1508.
5. Легостаева Я. Б., Сивцева Н. Е., Трофимова Л. Н. Экологическая оценка состояния почвенного покрова по содержанию подвижных форм микроэлементов (на примере долины Туймаада Центральная Якутия) // Проблемы региональной экологии. 2009. № 3. С. 12–15.
6. Легостаева Я. Б., Сивцева Н. Е. Результаты мониторинговых исследований почвенного покрова г. Якутска за 2008–2012 гг. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований : материалы I всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Прикладная экология Севера: проблемы, исследования, перспективы». М. : Акад. Естествознания, 2013. С. 169–171.
7. Макаров В. Н. Свинец в биосфере Якутии. Якутск : Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2002. 114 с.
8. Сивцева Н. Е. Антропогенная трансформация почв в условиях северных городов (на примере г. Якутск) // Сб. материалов Всерос. конф. с междунар. участием «I Ковалевские молодежные чтения “Почвы Сибири – прошлое, настоящее, будущее”». Новосибирск, 2010.
9. Cadmium, lead, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America / G. G. Holmgren, M. W. Meyer, R. L. Chaney, R. B. Daniels // Journal of Environmental Quality, 1993. Vol. 22. P. 335–348.
10. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. Boca Raton, FL : Crc Press, 2010. 548 p.
11. Nriagu J. O. A global assessment of natural Sources of atmospheric trace metals // Nature. 1989. Vol. 338, N 6210. P. 47–49.
12. Rolfe GL, Haney A., Reinbold K. A. Environmental contamination by lead and other heavy metals. Ecosystem Analysis. Institute for Environmental Studies. University of Illinois : Urbana-Champaign, 1998. 112 p.

MIGRATION OF MOBILE FORMS OF LEAD IN URBAN SOIL OF CRYOLITHOZONE

Legostaeva Ya. B., Sivtzeva N. E.

*Institute of Applied Ecology of the North of North-Eastern Federal University
afternamed M. K. Ammosov (NEFU)*

This article presents experimental material collected over the period of 2009 to 2015, which illustrates the content and distribution of mobile forms of lead in the “urban soil – the bottom sediments and surface waters of the city of Yakutsk’s lakes” system. Currently, there is taking place accumulation of mobile forms of lead in the strata of urban soils. The largest accumulation of lead has been recorded at a depth of 50–70 cm. In the “urbanozem – surface lake waters – bottom sediments” system, lead acts as a light and mobile migrant.

СЕКЦИЯ 2

«МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В ДРУГИХ НАУКАХ И НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ»

ПАЛЕОПОЧВЫ САРТАНСКОГО ВОЗРАСТА В РАЗРЕЗАХ ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИБАЙКАЛЬЯ

**Г. А. Воробьева, Н. Е. Бердникова, Е. А. Липнина,
Е. О. Роговской, И. М. Бердников**

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, galvorob@yandex.ru

Сартанское ледниковье в Прибайкалье сопоставляется с морской изотопно-кислородной стадией 2 (МИС 2), охватывающей хронологический интервал 24–11,5 тыс. л. н. (радиоуглеродный возраст), или 25–12,9 тыс. л. н. (календарный возраст).

Наиболее детальные исследования состава, строения и стратиграфии сартанских отложений [3], проводились на опорных геоархеологических объектах (ГАО) Прибайкалья, обеспеченных радиоуглеродными, археологическими датировками и палеонтологическим материалом [1; 5–7]. Стояночные комплексы сартанского возраста зачастую приурочены к лессовидным отложениям, плащом, покрывающим надпойменные террасы в долинах магистральных и крупных рек, а также приустьевые части их притоков и наветренные склоны.

Несмотря на значительную продолжительность ледниковий, изученность почвообразования в холодные интервалы плейстоцена до сих пор остается явно недостаточной, вопросы морфологии, генезиса, эволюции, классификации и номенклатуры почв остаются не раскрытыми.

Почвы холодных эпох имеют слабую степень развития и легко исчезающие со временем следы почвообразования. В соответствии с этим сартанское ледниковье – ближайшее к нашему времени и характеризующееся наилучшей сохранностью погребенных почв, является наиболее перспективным для изучения почвообразования холодных интервалов. Не малую роль играет и то обстоятельство, что сартанское ледниковье охватывает временной интервал, в течение которого радиоуглеродный метод датирования характеризуется довольно высокой степенью надежности.

Сартанские (sr) лессовидные отложения вскрываются обычными почвенными разрезами с глубины 40–60 см от дневной поверхности. Они находятся в корнеобитаемой зоне и оказывают значительное влияние на облик «современных» почв и строение их профиля. Мощность сартанских отложений в среднем составляет 1–1,5 м, но на пониженных участках может возрастать до 4 м.

В толще сартанских лессовидных отложений Прибайкалья часто присутствуют погребенные слабообразованные и эмбриональные почвы, имеющие разную продолжительность почвообразования – от $n \cdot 10$ лет до $n \cdot 100$ лет. Встречаются также и седименты полноразвитых почв, сформировавшихся в предшествующую более теплую эпоху (каргинский мегаинтерстадиал; МИС 3), но переотложенные и захороненные в раннесартанских (sr^1) солифлюкционных и делювиально-солифлюкционных образованиях. Палеопочвы присутствуют во всех стратиграфических подразделениях сартанской части разреза.

Культуросодержащими горизонтами геоархеологических объектов, как правило, являются погребенные палеопочвы [4]. Почвенные горизонты имеют способность «записывать» вещественные результаты педогенеза, расшифровка которых дает информацию о природно-климатических условиях почвообразования, осадконакопления, а, соответственно, об условиях обитания человека. В связи со всем вышеизложенным, изучение почв сартанского ледникового представляет интерес, как с почвенных, так и с археологических позиций.

ОСОБЕННОСТИ СУБАЭРАЛЬНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ХОЛОДНЫЕ ЭПОХИ

Внутри ледниковых эпох А. А. Величко и Т. Д. Морозова [2] выделяют два типа почвообразования: интерстадиальное и пленигляциальное (интерфазияльное).

Интерстадиальное почвообразование по мнению авторов [2] было характерно для интерстадиальных потеплений. Если потепления были в начале ледниковых эпох, тогда интерстадиальные почвы образовывали комплексы с межледниковыми почвами. Потепления внутри ледниковых эпох, сопровождавшиеся устойчивым возрастанием тепла и увлажненности, приводили к формированию почв с дифференциацией генетического профиля. Среди интерстадиальных почв выделяются [2] две основные группы: 1) с преобладанием гумусово-аккумулятивных процессов почвообразования (профиль А-С) и 2) с преобладанием мерзлотно-глеевых процессов (A1g-Cg).

Пленигляциальное почвообразование по времени соответствует наиболее неблагоприятным – криоаридным условиям ледниковой (пессимумам), когда биохимические и биофизические преобразования активно развивались лишь в микроразонах вокруг корневых систем растений; а ведущее место занимали процессы криогенеза и криоморфизма. В таких условиях могли развиваться лишь специфические синлитогенные почвы, в том числе, и лессы. Пленигляциальное почвообразование проявлялось в слабом гумусонакоплении, микроагрегировании, аккумуляции и перераспределении вторичных карбонатов без их выщелачивания [2].

СЛЕДЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В САРТАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

В исследуемых сартанских лессовидных образованиях Прибайкалья в большинстве случаев раннесартанские интерстадиальные почвы не сохранились, так как были растащены солифлюкцией. Исключение – sr^1_1 -почва в разрезе Игетейский Лог II (22 500±980 л. н., ЛУ-6515), где она погребена под делювиальными отложениями. В настоящее время почва представлена слабогумусированным (1–1,2 % гумуса) буроватым среднесуглинистым горизонтом (возможно, прежде это был горизонт АУ или АВ-?) мощностью от 15 до 20 см, который залегает на буровато-желтоватом среднесуглинистом горизонте Ст мощностью около 40 см. В ряде разрезов, например, в разрезе Мальта-Стрелка, седименты раннесартанских почв соседствуют в солифлюксии с седиментами

каргинских почв: sr^1_1 -почва (21 740±480 л. н., ЛУ-6529) и kr^2_{os} -почва (≥36 940 л. н., ЛУ-6526).

Среди почв пленигляциального типа почвообразования (включая интерфазальный) можно выделить несколько групп объектов: 1) собственно лессовидные отложения без явных признаков почвообразования (горизонт С); 2) эмбриональные почвы со следами органогенных горизонтов на неизменной породе (возможный первоначальный профиль О-С; ТЈ-С; W-С); 3) слабо развитые неоглеенные почвы, от которых в разрезе сохранился только горизонт С_т – горизонт выветривания (возможный первоначальный профиль О-С_т; W-С_т; ТЈ-С_т); 4) слабо развитые оглеенные почвы, от которых сохранился горизонт С_г, иногда горизонт G – горизонты оглеения (возможный первоначальный профиль О-С_г, W-С_г, Т-С_г или Т-G).

По литологическим особенностям в строении сартанских отложений Прибайкалья можно выделить 4 стратиграфических подразделения (sr^1 , sr^2 , sr^3 и sr^4), в составе каждого из которых встречаются археологический материал и погребенные почвы слабой степени выраженности.

Раннесартанские отложения по характеру осадконакопления подразделяются на раннесартанский солифлюксий (sr^1sol – солифлюкционные и делювиально-солифлюкционные образования) и эолово-делювиальные (несолифлюцированные) лессовидные отложения (sr^1).

В составе солифлюксия (sr^1sol – 24–21 тыс. л. н.) практически постоянно присутствуют смещенные по склонам фрагменты почвенных горизонтов предыдущей каргинской эпохи почвообразования (МИС 3).

Раннесартанские несолифлюцированные лессовидные отложения (sr^1 –21–18 тыс. л. н.) как отдельный слой выделяются довольно редко (ГАО Буреть, Локомотив-котлован; Красный Яр 1 и др.) в связи с разрывами слоя языками, внедренными из подстилающего солифлюксия. Отложения (sr^1) не содержат выраженных признаков почвообразования, что может указывать на очень неблагоприятные климатические условия.

Среднесартанские отложения. В середине сартанской эпохи 18–14 тыс. л. н. по особенностям осадконакопления и почвообразования выделяются два существенно различных этапа: sr^2 (18–16 тыс. л. н.) и sr^3 (16–14 тыс. л. н.).

В первый этап (sr^2) в Прибайкалье формировались лессовидные образования разной степени глееватости. По существу это остатки горизонтов С_г или G слабо развитых глееватых и глеевых почв, верхние горизонты которых не сохранились или сохранились частично.

Оглеенные горизонты в своей верхней части содержат повышенное количество гумуса (до 0,6–0,8 %), а в ряде разрезов в кровле слоя прослеживаются следы гумусовых и органогенных горизонтов (ГАО Игетейский Лог 1, Шебутейка, Бадай V, Локомотив-котлован и др.). Возможно, это были дерновые глееватые (W-С_г), торфянисто-глеевые (Т-G) и/или иловато-глеевые почвы (О-С_г; О-G). К сожалению, sr^2 -почвы не датированы, но их хронологические рамки довольно четко ограничены благодаря датированным подстилающим и перекрывающим отложениям (табл.).

Во вторую половину среднесартанского времени (sr^3 – 16–14 тыс. л. н.) характер осадконакопления стал принципиально иной. Среднесартанские sr^3 -отложения представлены опесчаненными лессовидными суглинками или переотложением песков и пылеватых суглинков. В sr^3 -отложениях прослеживается несколько уровней стабилизации поверхности со следами эмбриональных почв (ГАО Сосновый Бор, Бадай V; Бельск-Залог, Гора Игетей, Шишкино, Макарово IV, Локомотив-котлован). Изменения в составе отложений свидетельствуют о том, что большая часть sr^3 -времени характеризовалась аридным климатом, при котором были усилены эоловые процессы, тогда как почвообразование было подавлено – фиксируются лишь прерывистые следы органогенных горизонтов, указывающих на существование эмбриональных почв предположительно с профилем TJ-C или W-C.

Ситуация изменяется только в конце sr^3 -времени, о чем свидетельствует появление горизонта Cm слабо развитой почвы в верхней части разреза sr^3 -отложений. Мощность горизонта Cm до 10–15 см, редко больше. Его буровато-розовая окраска указывает на окислительные условия почвообразования. Следы гумусовых горизонтов отсутствуют. Вероятно, окислительная обстановка почвообразования способствовала минерализации гумуса.

Лучшую сохранность обнаруживает почва на ГАО Мальта-Мост I, сохранившаяся под крупными плитами доломита, принесенными на археологическую стоянку древним человеком (14680±100 л. н., ГИН-9511). Почва имеет карликовый профиль AJca-BCm-Cm, где мощность горизонта AJca – 1,5–2 см, BCm – 2–5 см, Cm – 3–9 см. Формирование горизонта AJ такой малой мощности в принципе невозможно. Вероятно, он является результатом трансформации органогенного горизонта O или TJ при минерализации органического вещества.

Позднесартанские отложения (sr^4) представлены сильно окаربониченными лессовидными суглинками. От кровли отложений заложено несколько генераций трещин: от мелких трещин усыхания глубиной 10–12 см до крупных криогенных трещин – мерзлотных клиньев, разрывающих всю толщу сартанских и даже каргинских отложений. В кровле большинства разрезов (вне зоны трещин) прослеживается или слабо развитая почва мощностью 5–7 см или тонкая (до 1–1,5 см) сероватая прослойка – след от органогенных горизонтов эмбриональной почвы. В ряде разрезов (Иркутск-Мост, Макарово II, Сосновый Бор и др.) присутствуют два сближенных горизонта Cm или Cg слабо развитых почв. Местами они сливаются в один горизонт, местами исчезают. На ГАО Сосновый Бор в толще эоловых песков обилие карбонатов приводит к цементации почв. Мощность каждой почвы составляет 5–7 см. К этим почвам приурочены IIВ (12 060±120 л. н.) и IIIГ культуросодержащие горизонты.

Таблица

Радиоуглеродные датировки сартанских культуросодержащих горизонтов
геоархеологических объектов Прибайкалья

Стратиграф. подразделения	Геоархеологический объект	№ к. г.	¹⁴ C-даты
Sr ¹ ₁ . (sol) 24–21 т. л. н.	Мальта	Слой .1(sol) Слой 8.1 Слой 8.2 Слой 8.3	25 760±260 л. н. (ОхА-6190) 22 900±240 л. н. (ГИН-8888) 21 600±200 л. н. (ГИН-7708) 21 000±140 л. н. (ГИН-7706)
	Мальта-Стрелка	Почва	21 740±480 л. н. (ЛУ-6529)
	Седова	IV к. г. (sol)	25520±160 л. н. (Тка-15060). 25250±400 л. н. (СОАН-7844) 25160±280 л. н. (СОАН-7846) 23900±340 л. н. (СОАН-8090) 23740±240 л. н. (СОАН-7845) 22450±310 л. н. (СОАН-8297) 20690±110 л. н. (ТКа-15059)
Sr ¹ ₁ 24–21 т. л. н.	Игетейский Лог II	Почва	22 500±980 л. н. (ЛУ-6515)
Sr ¹ ₂ 21–18 т. л. н.	Мальта	Слой 8.4	20 800±140 л. н. (ГИН-7710)
	Красный Яр 1	VI к. г.	19 100±100 л. н. (ГИН-5330) 19 760±230 л. н. (СОАН-7779) 19 975±170 л. н. (СОАН-7780)
	Мальта	Слой 9.1	19 900±800 л. н. (ГИН-7705)
	Иркутск – новый мост	под V к. г.	18 510±220 л. н. (СОАН-5180)
Sr ² 18–16 т. л. н.			
Sr ³ 16–14 т. л. н.	Красный Яр 1	III к. г.	15 880±240 л. н. (СОАН-7778)
	Иркутск- новый мост	V к. г.	14 840±125 л. н. (СОАН-5181)
	Мальта	Слой 9.2	14 720±190 л. н. (ГИН-8476)
	Мальта-Мост I. –	III к. г.	14680±100 л. н. (ГИН-9511)
Sr ⁴ 14–10,3 т. л. н.	Сосновый Бор	IV к. г.	12090±110 л. н. (АА-38038);
		IIIB к. г.	12060±120 л. н. (ГИН-5328)
	Мальта	Слой 10	12 400±090 л. н. (АА-37186); 12 490±090 л. н. (АА-37473)
	Усть-Белая	XVI к. г.	12 140± 30 л. н. (UCIAMS-157872) 12 035± 30 л. н. (UCIAMS-157873)
		XIV-е к. г.	11 765± 70 л. н. (АА-36951); 11 930±230 л. н. (ГИН-5329) 11 840± 75 л. н. (АА-36914), 11 800± 55 л. н. (ОхА-27120) 11 670± 30 л. н. (UCIAMS-157874) 11995± 45 л. н. (UCIAMS-144528) 12 090± 60 л. н. (ОхА-27123)
	Галашиха	V к. г.	11935± 25 л. н. (UCIAMS-157876).
		IV к. г.	11650± 25 л. н. (UCIAMS-157875)
	Макарово-II	III к. г.	11860±280 л. н., ГИН-480
		IV к. г.	11950±50 л. н., ГИН-481

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вся сартанская толща эоловых и эолово-делювиальных отложений преобразована слабым и специфическим почвообразованием, характерным для внеледниковых зон холодных эпох. Среди множества разрезов сартанских субаэральнх образований в Прибайкалье не выявлено почв, которые имели бы гумусовые горизонты АУ или АU, наиболее распространенные среди слаборазвитых почв региона в голоцене. Сартанские почвы представлены горизонтами только нижней части профиля, имеющими буровато-розоватую окраску (горизонт Cm), серовато-табачную (горизонт Cg) или сизоватую (горизонт G). Отсутствие верхних горизонтов не позволяет этим почвам давать точные названия. Для обозначения обезглавленных почв используются представления об окислительно-восстановительных условиях почвообразования: «горизонты выветривания» (горизонты Cm) и «горизонты оглеения» (горизонты Cg и G).

Мощность профиля сартанских слаборазвитых почв в основном колеблется от 5 до 10 см. Гумусовые горизонты почв имеют незначительную мощность 1,5–2 см, что нереально для педогенеза. Столь мизерную их мощность можно объяснить только тем, что это остатки от минерализации ранее существовавших здесь органогенных горизонтов (O, TJ или T). В любом варианте сартанские почвы обладали карликовым профилем и очень низким плодородием.

Учитывая, что следы пленигляциального почвообразования наиболее распространены на стратиграфических уровнях: sr^2 (18–16 тыс. л. н.), на рубеже sr^3/sr^4 (15–14 тыс. л. н.) и во вторую половину позднего сартана (12–11 тыс. л. н.), мы считаем указанные интервалы времени интерфазиалами сартанской эпохи (кратковременными фазами некоторого смягчения климатической обстановки). В соответствии с этим, почвообразование в эти интервалы можно рассматривать как интерфазиальное на общем пленигляциальном фоне сартанской ледниковой эпохи.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 33.1637.2014/К Минобрнауки РФ.

Литература

1. Бердникова Н. Е., Воробьева Г. А. Особенности многослойных геоархеологических объектов в нижнем течении р. Белой (юг Байкальской Сибири) // Феномен геоархеологической многослойности Байкальской Сибири. 100 лет Байкальской научной археологии: мат-лы Всерос. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня открытия Б. Э. Петри Улан-Хады. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. С. 54–72.
2. Величко А. А., Морозова Т. Д. Основные черты почвообразования в плейстоцене на Восточно-Европейской равнине и их палеогеографическая интерпретация // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М. : ГЕОС, 2015. С. 321–337.
3. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв : монография. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
4. Воробьева Г. А., Бердникова Н. Е. Почвы Прибайкалья как культуровмещающие образования // Проблемы эволюции почв. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2003. С. 47–53.

5. Мальтинский геоархеологический полигон / Е. А. Липнина, Г. И. Медведев, Е. О. Роговской, Е. А. Слагода // Северная Азия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология. Сибирская археологическая полевая школа: Путеводитель экскурсий. Иркутск : Оттиск, 2007. С. 42–55.

6. Каменный век Южного Приангарья / Г. И. Медведев, Е. А. Слагода, Е. А. Липнина, Н. Е. Бердникова, А. Г. Генералов, Е. О. Роговской, Е. Б. Ощепкова, Г. А. Воробьева, П. Е. Шмыгун. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2001. Т. 2 : Бельский геоархеологический район. 242 с., 77 ил.

7. Северная Евразия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология. Сибирская археологическая полевая школа: Путеводитель экскурсий / Н. Е. Бердникова, Г. А. Воробьева, О. И. Горюнова, Е. А. Липнина, Г. И. Медведев, А. В. Миromanов, Е. О. Роговской, С. П. Таракановский, Е. А. Слагода, Е. Б. Ощепкова. Иркутск : Оттиск, 2007. 124 с.

SARTANIAN PALEOSOILS IN SECTIONS OF GEO-ARCHEOLOGICAL OBJECTS OF BAIKAL REGION

Vorobyeva G. A., Berdnikova N. E., Lipnina E. A., Rogovskoy E. O., Berdnikov I. M.
Irkutsk State University, Irkutsk, galvorob@yandex.ru

The Sartan glacial at the Baikal region is correlated with the marine oxygen isotopic stage 2 (MIS 2), which covering of the chronological interval of 24000–11500 BP (^{14}C). Interstadials traces of soil genesis (soil profile A-C) in rare cases are presented only at the structure of Early Sartanian deposits. At the rest part of Sartanian section soils of pleniglacial genesis without traces of humic mineral horizons are meeting. They are presented either as embryonic soils on the intact rock (probable original profile O-C; TJ-S) or interfazially poor soils, from which only horizons of Cm, Cg, sometimes G have been preserved. The upper horizons of these soils probably also were organogenic. Interfaziale soil formation took place approximately 18000–16000 BP, 15000–14000 BP, 12000–11000 BP.

К ВОПРОСУ О ВЛАЖНОСТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ

Гюлалыев Ч. Г.

Институт географии Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку,
ch_gulaliyev@yahoo. com

Аннотация. В работе содержатся результаты экспериментальных исследований зависимости диэлектрической проницаемости почв Мугань-Сальянского массива Азербайджанской республики. Здесь особое внимание уделено измерениям диэлектрических параметров почв, что является чрезвычайно сложной задачей, особенно для влажной почвы. Особое внимание уделено вопросам всестороннего исследования диэлектрических свойств почв с целью выяснения роли почвенной влаги в их формировании и использовании результатов в теории и практике почвенной влагометрии. На основании указанных исследований углублены представления о диэлектрических свойствах и влажностях почв.

Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, Мугань-Сальянский массив, влажность, почва, влагометрия.

Введение. Борьба с деградацией земель – эта одна из актуальных проблем во всем мире. Главное в этом деле правильное развитие сельскохозяйственного производства. Необходимо иметь экспресс методы получения информации о различных параметрах, характеризующих плодородие земель, в первую очередь о запасах продуктивной влаги в деятельном слое почвы.

Для измерения влажности почв в последние десятилетия все чаще используются электрофизические параметры почв, в частности влияние на них влажности [1–4; 7]. Однако из-за недостаточной изученности влажностных характеристик электрофизических показателей почв эти методы не нашли широкого однозначного применения. Чтобы научиться правильно использовать результаты дельтометрических измерений, в первую очередь, надо изучить влажностные зависимости электрофизических параметров различных почв в конкретных условиях окружающей среды. Влажная почва должна быть исследована в переменном электрофизическом поле с учетом частоты последнего [6; 7].

В данной работе представлены результаты исследования диэлектрических характеристик влажной почвы для выяснения роли почвенной влаги в их формировании, а также использования их в решениях задач теоретической и практической влагометрии.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в сухостепной зоне Мугань-Сальянского массива Азербайджанской республики, являющегося самым молодым образованием Кура-Араксинской низменности и представляющей собой современные морские отложения, а также наносы Куры и Аракса.

На гидрографию территории, наряду с Курой и Араксом, оказывает влияние близкое расположение грунтовых вод. По климату объекта исследования, находящегося в регионе с мягкой зимой и жарким летом, т. е. в зоне степей и полупустынь с годовой нормой суммарной, радиации 140 ккал/см^3 , среднегодо-

вая температура 14 °С, средняя относительная влажность воздуха 76 %, среднегодовая норма осадков 310 мм, годовая норма испаряемости 900–1000 мм, естественная растительность полупустынная. Почвообразование относится к сероземно-луговому и лугово-сероземно типам. Содержание гумуса в верхнем горизонте 1,2–2,3 %, количество поглощенных оснований на 100 г почва 17,8–39,5 мг-экв, из них на долю кальция приходится около 78 %, плотность почв меняется в пределах 1,15–1,26 г/см³, удельный вес – 2,69–2,72 г/см³, общая порозность 52,2–57,1 %.

Диэлектрическая проницаемость определялась с помощью измерителя полных проводимостей типа Л2-7 на частотах 1 МГц и 10 МГц по разработанной ранее методике [6], суть которой состоит в следующем. С помощью Л2-7 измеряется емкость конденсаторной измерительной ячейки, заполняемой образцом почвы при заданной влажности и плотности. При диэлектрических измерениях почв использовалась схема замещения, соответствующая уравнениям Дебая с двумя временами релаксации [5; 6].

Измерительная ячейка представляет собой цилиндрический коаксиальный конденсатор, снабженный термостатирующим устройством. Диэлектрическая проницаемость определялась как величина, равная отношению емкости конденсатора с образцом к его емкости в вакууме.

Исследования проводились в широком диапазоне влажностей 2–32 %.

Как уже было отмечено диэлектрическая проницаемость зависит от изменения таких факторов, как влажность, частота приложенного напряжения, температура, плотность и т. д.

Результаты и их обсуждение. В качестве примера на графике представлены значения диэлектрической проницаемости почв в зависимости от заданных влажностей, при фиксированной плотности и температуре. Как явствует из графика, повышение влажности почвы способствует значительному увеличению ее диэлектрической проницаемости. В воздушно-сухом состоянии ε' почв слабо зависит от электрического поля.

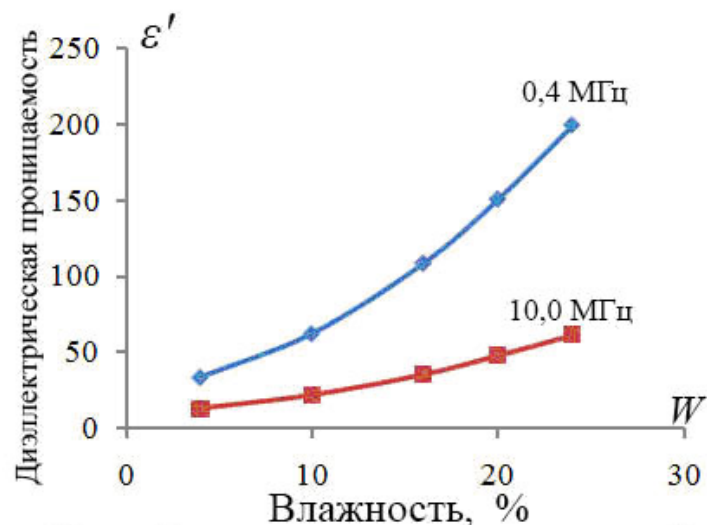


Рис. Зависимость диэлектрической проницаемости от влажности почв.

Таким образом, почва, не содержащая воды, по диэлектрическим параметрам представляет собой изолятор. Соответственно различию гигроскопической влажности, ε' имеет разные значения. С дальнейшим увеличением содержания воды ε' закономерно увеличивается. Увеличение влажности начиная, от гигроскопической сопровождается значительным возрастанием ε' , что связано с ростом подвижности почвенной влаги, т. е. с увеличением влажности почвы возрастает активная составляющая полного тока над реактивной его составляющей. С ростом влагосодержания, вплоть до уровня максимальной гигроскопической влаги, диэлектрическая проницаемость значительно возрастает. Увеличение влажности вызывает изменение сил связи влаги с почвенными частицами и это отчетливо сказывается на ходе влажностной зависимости $\varepsilon'(w)$.

Максимальная скорость изменения диэлектрической проницаемости почв наблюдается в области влажностей, равной 16–24 %. Эта область влажностей характеризуется наличием достаточного количества свободной воды, которая наполняет межпоровые пространства и вытесняя воздух создает условия для оптимальной упаковки почвенных частиц. При этом в пределах почвы большей влажности соответственно и большая диэлектрическая проницаемость. Но у различных типов почв при одинаковых влажностях и плотностях и одинаковых условиях измерения значения ε' совершенно различны [2; 6].

Зависимости вида $\varepsilon'(w)$ имеют самостоятельное практическое и теоретическое значение, объясняющие физическую природу явлений, наблюдающихся в почвах при прохождении переменного электрического тока и выявлявшие поведение электрофизических параметров в зависимости от изменения водных свойств почв.

Математическая обработка экспериментальных данных привела к выражению:

$$\varepsilon' = ae^{bw} + c \quad (1)$$

где a , b и c константы, зависящие от типа почвы и ее влажности; w влажность почвы.

Приведенная ниже таблица иллюстрирует результаты аппроксимации формулой (2) экспериментальных зависимостей $\varepsilon'(w)$.

Как видно из таблиц расчетные значения ε' диэлектрической проницаемости и ее экспериментальные значения ε^* достаточно хорошо прилегают друг к другу.

Имеющийся отклонения ($\Delta\varepsilon'$) не считая погрешности измерений вдоль функции $\varepsilon' = ae^{bw}$ можно объяснить тем, что значения коэффициентов a и b строго говоря должны зависеть от формы связи влаги, изменяющейся с увеличением влажности. Математическая же обработка экспериментальных данных дает их усредненные значения.

Отклонение ($\Delta\varepsilon'$) расчетных значений диэлектрической проницаемости (ε^*) от экспериментальных значений (ε') для различных влажностей (w) и частот (f)

$W, \%$	$f = 0,4 \text{ МГц}$			$f = 10 \text{ МГц}$		
	ε'	ε^*	$\Delta\varepsilon'$	ε'	ε^*	$\Delta\varepsilon'$
Пойменно-луговая почва						
4	33,19	34,79	4,81	12,79	13,20	3,21
10	61,94	60,06	-3,03	21,69	21,30	-1,08
16	108,44	103,19	-4,84	35,44	34,25	-3,35
20	150,69	147,58	-2,06	47,94	46,90	-2,16
24	199,44	210,74	5,67	61,44	64,14	4,39

При математической обработке экспериментальных результатов обнаружено, что при большой влажности можно описать степенной эмпирической формулой:

$$\varepsilon' = k(w - w_1)^2 + \varepsilon'_1 \quad (3)$$

где k – коэффициент, зависящий от частоты (f), w_1 и ε'_1 – граничное значение влажности (10–12 %) и соответствующие ему значение ε' . Если учесть что, ε'_1 , также зависит от частоты, тогда формула (3) примет нижеследующее эмпирическое соотношение:

$$\varepsilon' = \left(A + \frac{B}{f^\beta} \right) (w - w_1)^2 + \left(D + \frac{C}{f^\gamma} \right) \quad (4)$$

где $A, B, C, D, \alpha, \beta$ и γ – константы, зависящие от типа почвы. Выражение (4) отражает зависимость ε' почвы от ее влажности и частоты.

Анализ влажностных характеристик позволил уточнить электрическую схему замещения почвы [6].

Аналитические, а также экспериментальные исследования показали наличие экспоненциальной зависимости между диэлектрической проницаемостью и влажностью почвы. Таким образом, в почвенной делькометрии предлагается использовать частоты, достаточно удаленные от максимумов этих потерь, учитывающие чувствительности емкостного метода в диапазоне частот от 7–8 МГц.

Литература

1. Спектроскопическая модель диэлектрической проницаемости почв, использующая стандартизованные агрофизические показатели / П. П. Бобров, В. Л. Миронов, О. А. Ивченко, В. Н. Красноухова // Исследование Земли из космоса. 2008. № 1. С. 15–23.
2. Гюлалыев Ч. Г. Особенности электрофизических свойств сероземно-луговых почв в переменном электромагнитном поле // Материалы междунар. конф. “«Cernoziomurile Moldovei- evoluția, protecția și restabilirea fertilității lor» Молдова, 2013. С. 172–174.
3. Гюлалыев Ч. Г., Козлова А. А., Гюлалыев Е. Ч. Пространственная изменчивость свойства почв // Материалы V съезда Белорус. о-ва почвоведов и агрохимиков “Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия”. Ч. 1. Минск : ИВЦ Минфина, 2015. С. 71–75.
4. Frequency Dependence of the Complex permittivity and its Impact on Dielectric Sensor Calibration in Soils / T. J. Kelleners, D. A. Robinson, P. J. Shouse, J. E. Ayars, T. H. Skaggs // Soil Sci. Soc. Am. J. 2005. Vol. 69. P. 67–76.

5. Структурно- функциональные аспекты влияния частоты на тангенс угла потерь почвы / Н. А. Мамедов, А. П. Герайзаде, Н. Б. Троицкий, Ч. Г. Гюлалыев // Вестн. БГУ. Сер. физ.-мат. наук. 2000. № 3. С. 57–62

6. Поздняков А. И., Гюлалыев Ч. Г. Электрофизические свойства некоторых почв [Электронный ресурс]. М. ; Баку : Adiloğlu, 2004. 240 с. Электрон. версия печ. публ. URL: http://www.pochva.com/?content=1&query=%20&by=all&format_search=d&n=49

7. Чудинова С. М. Диэлектрические показатели почвы и категории почвенной влаги // Почвоведение. 2009. № 4. С. 1–11.

THE ISSUE OF DEPENDENCE DIELECTRIC CONSTANT ON MOISTURE SOIL

Gulaliyev Ch. G.

*Institute of Geography of the National Academy of Sciences
Azerbaijan, Baku, ch_gulaliyev@yahoo.com*

The paper contains the results of experimental studies depending on the dielectric constant of soil Mugan-Salyan massif of the Azerbaijan Republic. It focuses on the measurement of dielectric parameters of soil, which is an extremely difficult task, especially for moist soil. Particular attention is paid to a comprehensive study of the dielectric properties of the soil in order to clarify the role of soil moisture in their formation and use of results in the theory and practice of soil moisture metering. On the basis of these studies deepened conception of the dielectric properties and soil moisture.

Keywords: dielectric constant and Mugan-Salyan array, humidity, soil, hygrometry.

СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛАНДШАФТОВ

Добротворская Н. И.

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия
и химизации сельского хозяйства, Новосибирск, dobrotvorskaya@mail.ru

В связи с резким обострением экологической обстановки в последние десятилетия, на первый план научных исследований выходят проблемы, связанные с оценкой ресурсовоспроизводящей способности ландшафта.

Генезис почвенного покрова лесостепной и степной части Западной Сибири обусловлен влиянием нескольких почвообразующих процессов: дерново-степного, дерново-лугового, солонцового, солончакового, осолодения, торфо-накопления, оглеения [7]. В совокупности с геоботанической приуроченностью растительного покрова, они образуют специфический облик ландшафта, который однако существенным образом трансформируется при его сельскохозяйственном использовании. Оценка ресурсного потенциала территорий с позиций перспективности развития сельского хозяйства проводилась ранее в разрезе биоклиматических зон страны. Однако современное техническое и технологическое обеспечение отрасли позволяет перейти к более дифференцированному использованию климатических и земельных ресурсов внутри природной зоны в зависимости от ландшафтных особенностей территории. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия и введенные в ней понятия «агроландшафт» и «элементарный ареал агроландшафта» [1; 5; 6] позволяют осуществить экологическую привязку систем земледелия и отдельных агротехнологий к конкретному типу агроэкологических условий (типу агроландшафта). Так, в земледельческом поясе Западной Сибири выделяют плакорный агроландшафт, эрозионный, переувлажненный, засоленный [2; 4] в зависимости от основного фактора, лимитирующего выращивание сельскохозяйственных культур. При этом оценка ресурсного потенциала агроландшафта представляет собой сложную систему показателей, характеризующих не только биологическую продуктивность, но и устойчивость характеристик агроландшафта при антропогенном воздействии.

Как отмечает М. А. Глазовская [3], невозможно найти какой-либо универсальный показатель устойчивости ландшафта, ее нельзя непосредственно измерить. Это означает, что при оценке ландшафтов по их устойчивости следует искать косвенные признаки и показатели. Устойчивость ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию наиболее объективно может быть охарактеризована такими показателями как геохимическое положение ландшафта – фактор, определяющий характер и интенсивность миграционных потоков; геологическое строение и рельеф; почвенные характеристики, обуславливающие поглощение, разложение, синтез, накопление, вынос вещества, в том числе и антропогенного происхождения. От способности почв к самоочищению в наибольшей степени зависит геохимическая устойчивость ландшафта.

Однако понятие устойчивости агроландшафта принципиально отличается от понятия устойчивости природного ландшафта. Кирюшин В. И. рассматривает «устойчивость агроландшафта как способность поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные» [5]. Затраты на поддержание производительных и экологических функций представляют собой цену устойчивости агроландшафта.

В различных типах агроландшафтов факторы снижения устойчивости различны (табл. 1).

Таблица 1

Факторы снижения агрономической и экологической устойчивости агроландшафтов

Тип агроландшафта	Лимитирующие экологические факторы	Биопродуктивность агроландшафта	Факторы снижения агрономической устойчивости	Факторы снижения экологической устойчивости и мероприятия по ее поддержанию
Плакорный лесостепной, элювиальные геохимические позиции, автоморфный тип почвообразования	Варьирование погодных условий	Наибольшая по сравнению с другими типами агроландшафта	Неустойчивость влагообеспеченности агроценоза	Ухудшение гумусного состояния почв, севообороты с многолетними травами, минимизация почвообработки
Плакорный микрозападинный лесостепной, элювиально-аккумулятивные геохимические позиции, автоморфно-полугидроморфный тип почвообразования	Контрастность почвенного покрова, временное локальное переувлажнение	Снижена	Неоднородность агроценоза, повышенная засоренность посевов	Ухудшение гумусного состояния почв, севообороты с многолетними травами, минимизация почвообработки
Переувлажненные таежно-лесные окультуренные, элювиально-аккумулятивные и трансаккумулятивные позиции, гидроморфно-полугидроморфный тип почвообразования	Переувлажнение, контрастность почвенного покрова	Снижена	Элювиальный вынос элементов питания	Ухудшение гумусного состояния почв, травосеяние, внесение органических удобрений
Солонцовые лесостепные, трансаккумулятивные и аккумулятивные позиции, гидроморфно-полугидроморфный тип почвообразования	Процессы засоления и засоления, близость грунтовых вод, контрастность почвенного покрова	Низкая	Неблагоприятные физические свойства почв, токсичность почвенного раствора	Вторичное засоление, восстановление естественной растительности
Эрозионные, трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные позиции, смыто-намытые почвы	Водная и ветровая эрозия, контрастность почвенного покрова	Низкая	Сниженный уровень почвенного плодородия, неоднородность агроценоза	Ухудшение гумусного состояния почв, гранулометрического состава. Почвозащитные обработки системы земледелия, травосеяние

Чем сильнее агроэкологические требования сельскохозяйственных культур отличаются от условий агроландшафта, тем выше затраты на поддержание его экологической устойчивости и продуктивности агроценоза.

Микроклиматические, литологические геоморфологические особенности ландшафта, как правило, отражаются в структуре почвенного покрова. Как известно, чем сильнее условия увлажнения территории отличаются от оптимальных с ГТК, близким к 1, тем сложнее и контрастнее структура почвенного покрова ландшафта. Из таблицы видно, что фактор контрастности СПП характерен практически для всех изученных типов агроландшафтов кроме плакорного лесостепного. Наши исследования показали, что в условиях центральной лесостепи Новосибирского Приобья урожайность яровой пшеницы закономерно снижается при увеличении коэффициента контрастности почвенных комбинаций (рис. 1).

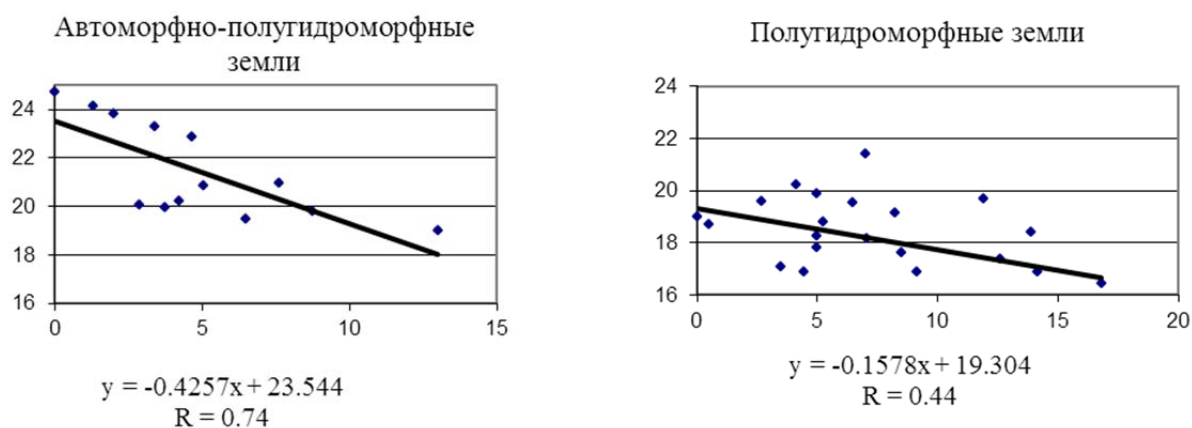


Рис. 1. Зависимость продуктивности автоморфно-полугидроморфных и полугидроморфных земель от степени контрастности почвенного покрова: по оси X – коэффициент контрастности КК, по оси Y – урожайность яровой пшеницы, ц/га

Почвенный покров автоморфно-полугидроморфных земель состоит из черноземов выщелоченных и обыкновенных в комплексе с полугидроморфными почвами серыми лесными осолоделыми с долей участия до 10 %. Иногда это лугово-черноземные почвы и их комплексы с серыми лесными осолоделыми до 10 %, единично встречаются контуры солоды луговой. В основном коэффициент контрастности автоморфно-полугидроморфных земель варьирует в диапазоне 0,0–7,5, в единичных случаях достигает 13. Из рис. 1 видно, что с нарастанием коэффициента контрастности урожайность яровой пшеницы линейно снижается от 24 до 18 ц/га, т. е. на 25 %, иначе говоря, на 1 единицу коэффициента контрастности приходится около 2 % снижения урожая.

Однако полученная закономерность не является универсальной. На полугидроморфных землях тенденция снижения урожайности яровой пшеницы с повышением контрастности сохраняется, однако в меньшей степени, а варьирование величин урожая значительно выше ($R = 0,44$). Например, при близких значениях КК 4,46 и 5,0 урожайность составляла соответственно 16,86 и 19,86 ц/га, что в одном случае значительно ниже средней аппроксимированной вели-

чины, в другом – выше. В первом случае повышение контрастности связано с тем, что на фоне полугидроморфной лугово-черноземной осолоделой почвы 11 % площади изучаемого участка занимают ареалы солоды луговой, значительно снижающей продуктивность массива; во втором – на фоне лугово-черноземной почвы присутствуют ареалы чернозема выщелоченного, занимающие около 25 % площади контура и повышающие его общую продуктивность. В целом на единицу коэффициента контрастности в полугидроморфном агроландшафте приходится 0,8 % снижения урожая. Различие цены коэффициента контрастности в разных агроландшафтах обусловлено различием исходного уровня продуктивности.

Таким образом, изменение коэффициента контрастности почвенного покрова агроландшафта в определенной мере характеризует снижение его агрономической устойчивости, связанное с неоднородностью экологических условий. Приблизиться к реализации ресурсного потенциала автоморфных, автоморфно-полугидроморфных и полугидроморфных агроландшафтов можно путем адаптивного землеустройства, критерием оптимальности которого будут морфометрические характеристики СПП выделов (рабочих участков, севооборотных полей), в частности снижение коэффициента контрастности.

Для гидроморфных засоленных агроландшафтов характерна обратная зависимость (рис. 2).

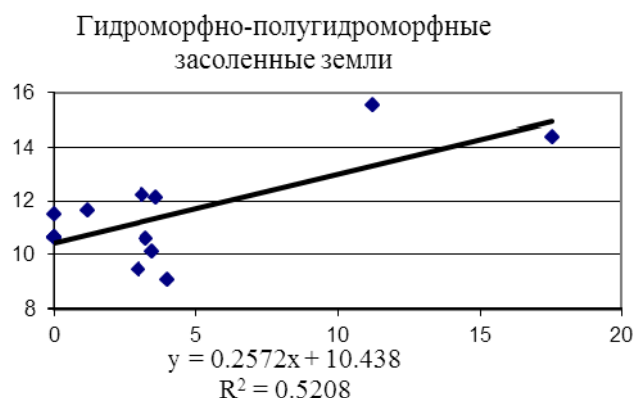


Рис. 2. Зависимость продуктивности гидроморфно-полугидроморфных засоленных земель от степени контрастности почвенного покрова

Основной фон здесь образован, как правило, черноземно-луговыми солончаковатыми или солончаковыми почвами с небольшим участием почв гидроморфного ряда – солодей луговых, лугово-болотных почв, поэтому основная часть изученных объектов имеет коэффициент контрастности до 5 единиц, что позволяет отнести данные земли к среднеконтрастным. Продуктивность таких земель применительно к зерновым культурам низкая. Однако, если в комплексе на микроповышениях присутствуют ареалы лугово-черноземных почв или серых лесных осолоделых (то есть полугидроморфных незасоленных), характерных для почвенного покрова Новосибирского Приобья, то контрастность значительно повышается, но за счет вкрапления почв с лучшими качествами повышается и продуктивность типа земель в целом.

Такие земли используются в основном под сенокосы и пастбища, и повышение коэффициента контрастности почвенного покрова за счет расширения обследуемого массива и включения ареалов почв более высокого качества в данном случае играет положительную агрономическую и экологическую роль, так как при этом увеличивается биоразнообразие агроландшафта, а, следовательно, его биопродуктивность и экологическая устойчивость.

Таким образом, оптимизация агроландшафта путем рационального землеустройства на основе количественной оценки структуры почвенного покрова – путь к повышению его устойчивости и биопродуктивности.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : метод. руководство. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
2. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / РАСХН. Сиб. отд-ние. Новосибирск : СибНИИСЗХим, 2002. 388 с.
3. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. : Высш. шк., 1988. 328 с.
4. Добротворская Н. И. Структура почвенного покрова в системе агроэкологической оценки земель в лесостепи Западной Сибири : дис. ... д-ра с.-х. наук. Новосибирск, 2009. 377 с.
5. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М. : Колос, 2011. 443 с.
6. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М. : Колос, 1996. 367 с.
7. Методологические и методические аспекты почвоведения / В. К. Бахнов [и др.]. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 168 с.

THE SOIL COVER STRUCTURE AS A CRITERION OF AGROLANDSCAPE RESOURCE POTENTIAL ESTIMATION

Dobrotvorskaya N. I.

*Siberian Institute of Agriculture and Chemicalization, Krasnoobsk, Russia,
dobrotvorskaya@mail.ru*

The estimation of the self-regeneration and resource-reproducing properties of the agrolandscapes is impotent in connection with increasing ecological problems. The estimation of the agrolandscapes resource potential includes biological productivity and ecological stability. The features of the agrolandscapes are reflected in the soil cover structure. An impotent characteristic of the resource potential in Novosibirsk Ob Plateau we consider the contrast of the soil cover. It is shown, that in automorphic and automorphic-semi-hydromorphic agrolandscapes the spring wheat yield naturally decreases with increasing soil cover contrast ratio. Hydromorphic saline agricultural landscapes characterized by the inverse relationship. The productivity of the land in relation to crops is low. However, if in a soil complex areas of meadow-chnozem soils and gray forest solodized soils (i. e. semihydromorphic non-saline), typical of the soil cover of Novosibirsk Ob Plateau, are present on the microelevations, the contrast is significantly increased, but productivity of this type of land in whole increases due to inclusions of soils with better qualities. Thus, the optimization of the agricultural landscape through sustainable land management on the basis of a quantitative assessment of soil structure is a way to increase its stability and bio-productivity.

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ОТЛОЖЕНИЙ ФОФАНОВСКОГО МОГИЛЬНИКА (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Куклина С. Л.¹, Жамбалтарова Е. Д.²

¹ФГБОУ ВО ИГУ, ²ВСИГ, kukl_swet@mail.ru

Фофановский могильник является одним из крупнейших погребальных комплексов неолита – бронзового века Байкальского региона. Здесь выделяются погребения раннего неолита (китойские), погребения раннего бронзового века (глазковские) и средневековые погребения, культурная принадлежность которых не определена.

В 2013 г. была начата работа по палеопедологическому исследованию могильного комплекса Фофаново (Республика Бурятия) в составе археологической экспедиции, под руководством Жамбалтаровой Е. Б.

Исследованы отложения археологического раскопа 2013 г., заложенного на территории могильного комплекса Фофаново.

В ходе исследования были определены следующие свойства и показатели разновозрастных отложений: морфологическое строение, рН водной суспензии, гранулометрический состав, общий и фракционный состав гумуса. По полученным данным проведено предварительное стратиграфическое расчленение толщи вскрытых отложений.

В ходе морфологических исследований было выявлено, что вскрытые отложения голоценового и сартанского возраста (рис. 1) имеют эоловый и эолово-делювиальный генезис и их естественное залегание нарушено большим количеством археологических раскопов и шурфов различных лет.

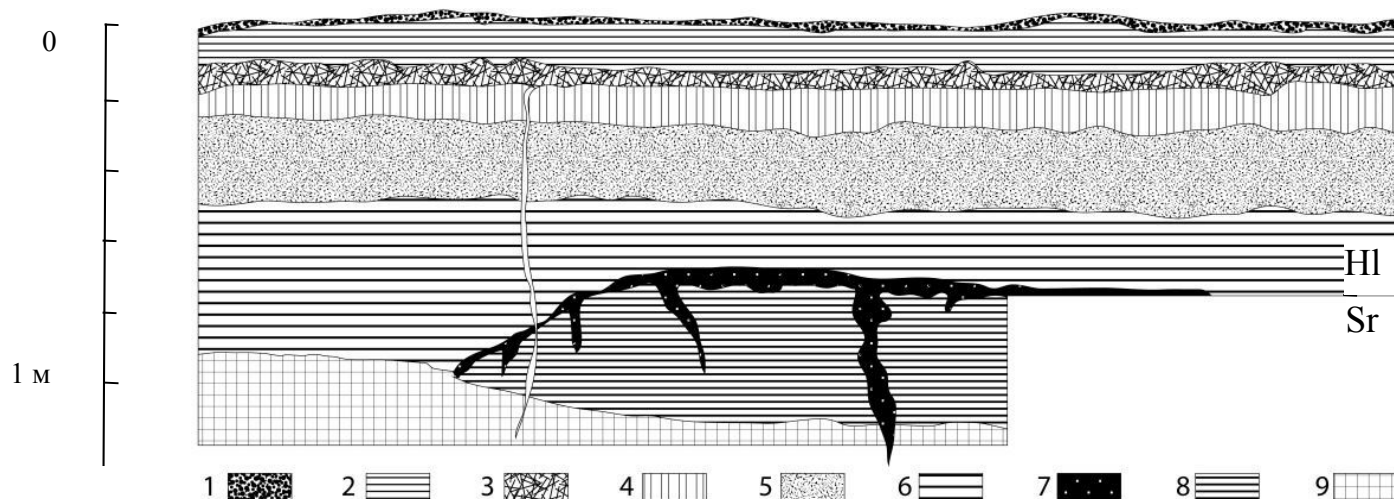


Рис. 1. Схема строения отложений северной стенки раскопа 2013 г., Фофаново (рис. Куклиной С. Л.)

Условные обозначения: 1 – дерновый горизонт, 2 – перевесанные желтовато-серые легкие суглинки, 3 – серые легкие суглинки (погребенный гумусовый горизонт), 4 – желто-бурые и красновато-бурые легкие суглинки, 5 – желто-серые супеси, 6 – серовато-желтые супеси, 7 – серые легкие суглинки с заложенными из кровли криогенными трещинами (погребенный гумусовый горизонт), 8 – высококарбонатные белесые легкие суглинки-супеси, 9 – слабослоистые карбонатные серо-желтые супеси

Наиболее четко морфологически выделяются отложения, образованные в периоды потеплений или похолоданий климата. Маркерами потеплений климата во вскрытых отложениях служат: самый темноокрашенный горизонт (нижняя часть погребенного гумусового горизонта), залегающий на небольшой глубине от поверхности, который, вероятно, сформировался в суббореальном оптимуме (SB); буроокрашенный горизонт атлантического периода (АТ). Основным маркером похолоданий является наличие морозобойных трещин финально-сартанского времени (около 11 тыс. л. н.), представленных узкими трещинами мощностью до 20–30 см, заполненными гумусированным материалом. Определенную сложность вызывает выделение границы голоцена – плейстоцена, так как в песчаных почти однотонных отложениях ее выявить достаточно сложно. Мы предполагаем, что она проходит непосредственно над палеопочвой, разбитой трещинами, основываясь на многочисленных материалах, по которым финал плейстоцена «читается» в разрезах наличием криогенных трещин и сильной окарбоначенностью отложений.

Полученные нами данные по некоторым физико-химическим характеристикам подтверждают неоднородность разновозрастных отложений. В целом, отложения имеют слабощелочной рН (рис. 2), нижняя часть вскрытой толщи и надповерхностный горизонт содержат карбонаты. Окарбоначенность нижней части толщи объясняется подтягиванием карбонатов по профилю в аридных условиях в былые эпохи. Появление карбонатов в верхнем горизонте связано с влиянием высококарбонатных старых археологических отвалов, переотложенных на поверхности. Самый кислый рН (6,35) в погребенной под отвалами почве объясняется наличием хвойной растительности, произраставшей до раскопочных работ на этой территории.

Изучение гранулометрического состава позволило выявить некоторые особенности осадконакопления. Отложения имеют различный состав – от песчаного до легкосуглинистого (рис. 2). Во всей вскрытой толще преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли, что свидетельствует о формировании отложений при активном участии эоловых процессов. Так же существовали периоды активизации эоловых процессов и их замедления. Периоды активации характеризуются резким уменьшением мелких фракций с увеличением содержания крупной пыли и зафиксированы в отложениях, залегающих под горизонтом атлантического времени. Периоды замедления эоловых процессов в гранулометрическом составе отложений маркируются повышением доли мелких фракций, «следы» этих процессов наблюдаются в горизонте атлантического времени и, менее выражено, в палеопочве, что, вероятно, связано с увеличением гумидности климата.

Особый интерес при реконструкции палеоклиматов представляют почвы, одним из важнейших компонентов которых является гумус. Рассматривая отложения по общей гумусированности можно отметить, что в целом они слабогумусированные и имеют два пика увеличения содержания гумуса (рис. 3). Повышенное содержание гумуса в этих горизонтах связано с лучшими условиями для гумусообразования в период их формирования. А так как основным лимитирующим фактором на данной территории является увлажненность, то, веро-

ятнее всего, это связано с увеличением гумидности климата. Современная почва характеризуется невысоким содержанием общего гумуса, что обусловлено, в первую очередь климатом, во вторую – достаточно коротким временем ее развития (формировалась на перевеянных археологических отвалах 25-летней давности и старше). Под отвалами погребен малогумусированный горизонт небольшой мощности, находившийся до начала раскопочных работ на поверхности.

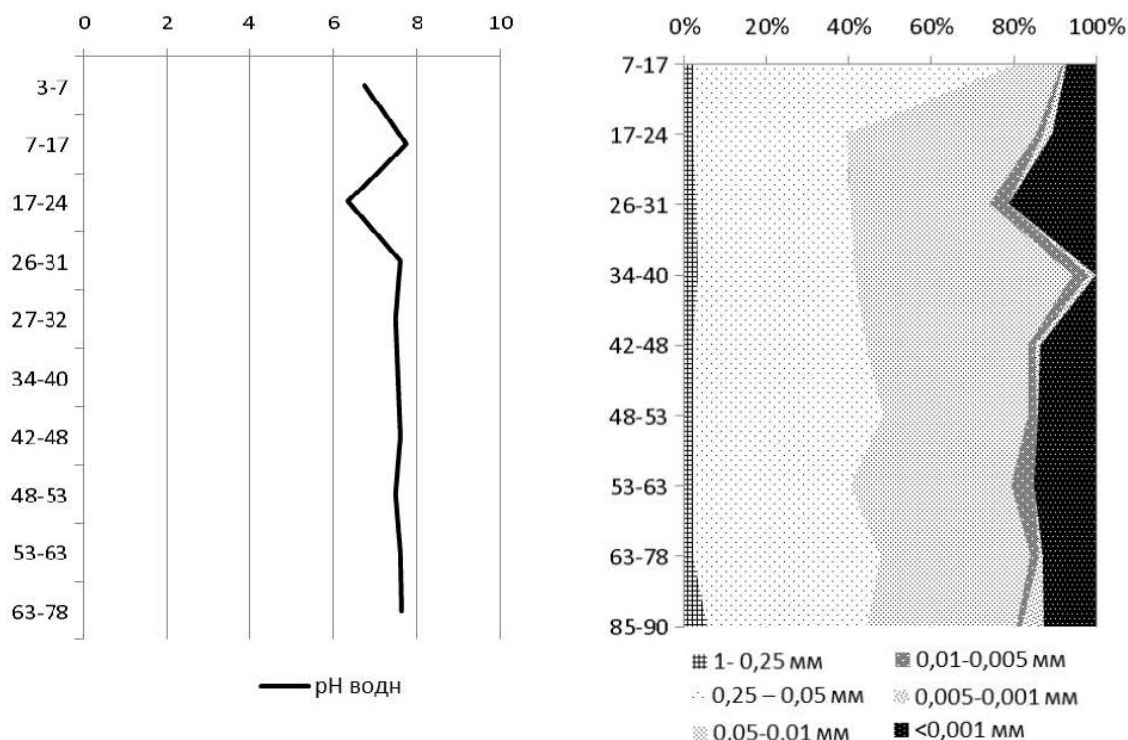


Рис. 2. pH водной суспензии и гранулометрический состав отложений северной стенки раскопа 2013 г, Фофаново

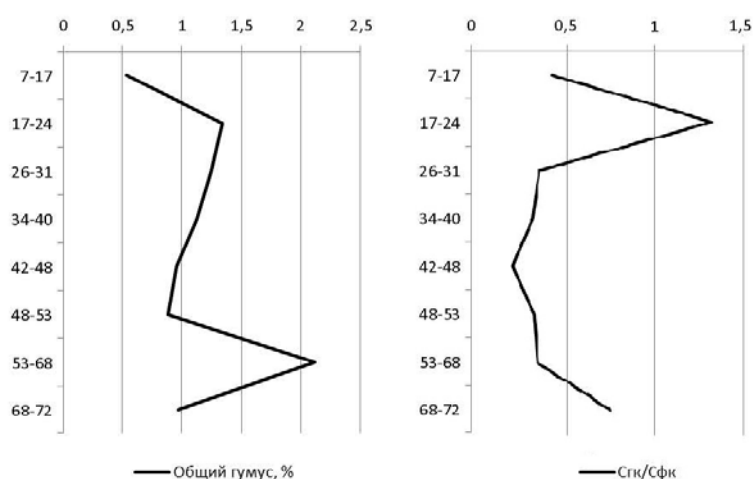


Рис. 3. Содержание общего гумуса и значения Сгк/Сфк в отложениях северной стенки раскопа 2013 г, Фофаново

Данные фракционного состава гумуса (рис. 4) детализируют строение отложений по содержанию и соотношению фракций. Верхняя часть толщи характеризуется довольно значительным присутствием в верхней части толщи свободных и связанных с полуторными окислами гуминовых и фульвокислот, невысоким содержанием негидролизуемого остатка, что свидетельствует об идущем в ней современном процессе гумусообразования.

Отложения атлантического возраста формировались в самых теплых и влажных условиях, на что указывает фульватно-гуматный состав гумуса, уменьшение доли легкоподвижных фульвокислот (IA ФК), увеличение доли фракции, связанных с глинистыми минералами (III ГК).

Срединная часть толщи (вероятно раннеголоценового времени) имеет более равномерное распределение фракций. Фульватный состав гумуса ($C_{гк}/C_{фк}$ меньше 0,5) свидетельствует о более холодном климате по сравнению с современным, а увеличение суммы фульвокислот – об аридности климата. Подтверждением этого вывода могут служить некоторые литературные данные, где отмечается, что гуминовые кислоты отложений, сформированных в условиях недостаточной теплообеспеченности или высокой аридности, обычно представлены исключительно фракцией гуматов кальция (II ГК). В распределении фракций IA ФК и II ФК в срединной части толщи отмечен скачок, который характеризует чуть большую увлажненность климата (возможно РВ?).

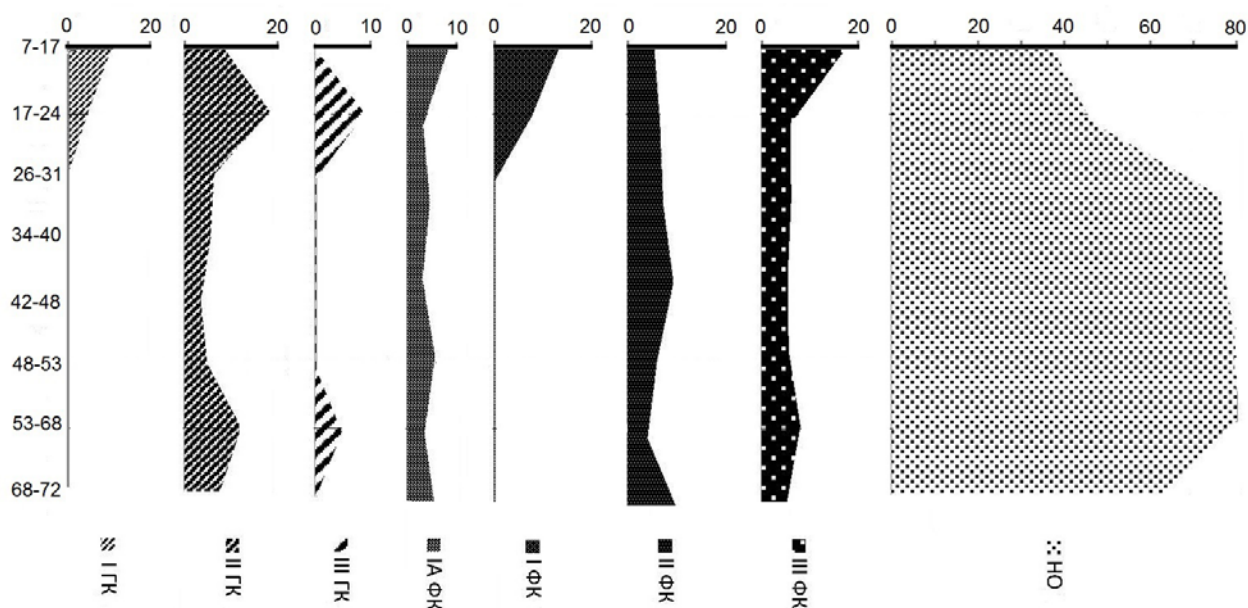


Рис. 4. Результаты фракционного состава гумуса отложений раскопа 2013 г, Фофаново, % от $C_{общ}$.

Палеопочва в нижней части толщи, формировалась в более влажных и теплых условиях, чем средняя часть отложений. На это указывает повышение суммы гуминовых кислот, появление III ГК и увеличение III ФК фракции в составе гумуса. Сравнивая содержание IA ФК фракции палеопочвы с современной почвой, можно предположить, что условия во время формирования первой были более гумидными.

Заклучение

Несмотря на многолетние исследования могильного комплекса, впервые были получены аналитические данные по некоторым свойствам отложений.

Трудности детального стратиграфического расчленения вскрытых отложений вызывает сильная их нарушенность археологическими раскопами разного времени и разновозрастными погребальными ямами, а также монотонность окраски и легкий гранулометрический состав большей части толщи. Морфологически выделены только отложения климатических оптимумов и минимумов.

Анализ полученных данных для разновозрастных отложений позволяет нам предположить, что во время формирования нижней погребенной палеопочвы существовали более влажные условия, чем современные, после чего, было кратковременное сильное похолодание, оставившее свой след в виде сети криогенных трещин. Затем (предположительно ранний голоцен) климат был холодным и аридным с небольшим периодом повышения влажности в этом промежутке. Самый теплый и влажный климат существовал в атлантическое время, что соответствует климато-стратиграфическим шкалам региона (Воробьева, 2010).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РГНФ № 13-01-00178а.

Литература

1. Воробьева Г. А. Плейстоцен-голоценовое почвообразование в Прибайкалье // Природная среда и древний человек в позднем плейстоцене. Улан-Удэ, 1987. С. 87–96.
2. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий: проблемы генезиса и классификации почв Прибайкалья. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
3. Дергачева М. И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: СО РАН, 1997. 228 с.
4. Жамбалтарова Е. Д. Фофановский могильник: перспективы исследований // Тр. II (XVIII) Всерос. археол. съезда в Суздале. М. : ИА РАН, 2008. Т. 1. С. 212–215.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF DEPOSITS FOFANOVA BURIAL (REPUBLIC OF BURYATIA)

Kuklina S, Zhambaltarova E.

Despite many years of research of the burial complex, analytical data for some sediment properties were first obtained. Difficulties for the stratigraphic division of precipitation were caused by serious violations of archaeological excavations of different time and burial pits, and the monotony of color and sandy sediments. Morphologically can only highlight the formation of deposits in the warming and cooling of the climate. On the basis of chemical and physico-chemical studies of precipitation, it was made an attempt to reconstruct the climates in the Holocene and Late Pleistocene.

СОСТАВ ГУМУСА ПОЧВ ПАЛЕОКРИОГЕННЫХ ЗАПАДИН ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

**Козлова А. А., Баниева И. В., Зурбанова А. Л., Панина М. А.,
Винокурова К. С., Черных Н. А., Трошина Е. А.**

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, allak2008@mail.ru

Своеобразие палеогеографической обстановки на юге Предбайкалья обусловлено проявлениями реликтового криогенного микрорельефа в виде бугристо-западинных форм. Это явление не уникально, так как на обширных пространствах севера Евразии и Америки проявляются следы естественного нарушения поверхности в виде блоков, полигонов, бугров и западин. Образование пятнистого (полигонального) микрорельефа на Русской равнине объясняется реликтовым криогенезом, в результате резкого похолодания в конце плейстоцена, приведшее к образованию полигональных структур, разбитых трещинами, заполненными жильным льдом. В дальнейшем, при потеплении климата, многолетняя мерзлота деградировала, а на месте вытаявавшего жильного льда возникли псевдоморфозы, или мерзлотные клинья, заполненные материалом обрушившихся стенок трещин [Величко, 1973; Палеокриогенез, почвенный покров ... , 1996; Гугалинская, 1982, 1997, 2005; Алифанов, 1992, 1995, 2015; Александровский, Александровская, 2005; Алифанов, Гугалинская, Овчинников, 2010].

Явление палеокриогенеза характерно для и Южного Предбайкалья, на территории которого в сартанское время (конец позднего плейстоцена) существовали перигляциальные условия (аридизация климата на фоне резкого похолодания). В это время произошло полигональное растрескивание поверхности и образование полигонально-жильных льдов, при вытаивании которых в голоцене сформировались западины, а на месте полигонов – бугры [Бычков, 1973; Воробьева 1980, 1988, 1990, 2010; Кузьмин, 1986, 1988, 2007; Козлова, 2011; Козлова, Макарова, 2012; Козлова, Кузьмин, Зазовская, 2013].

В настоящее время наблюдается посткриогенная стадия развития бугристо-западинного микрорельефа, когда все его формы стали реликтами Их существование не отвечает современным климатическим условиям данного региона и гидротермическому режиму грунта. Развитие почвенного покрова идет по заданной матрице, определяющими частями, которой выступает сопряженная пара: блок полигона (бугор) и примыкающая к нему псевдоморфоза по повторно-жильному льду.

Почвообразовательный процесс, развивающийся на каждом из элементов палеокриогенных структур, различается по серии параметров, и, прежде всего, пространственно-временной организации почвенного покрова [Геннадиев, 1990]. Почвы, развитые в этих условиях разновозрастны и гетерогенны. Судя по небольшой мощности органогенных горизонтов ($O+Ad+A+AB$ = около 20 см), сходных на буграх и западинах, и спорово-пыльцевому комплексу, от-

ражающему современный растительный покров [Кузьмин, 1986; Воробьева, 1990], можно предполагать молодость верхней толщи почв, возраст которой равен нескольким сотням или первым тысячам лет. В профиле западин наблюдается наличие одного, а то и нескольких погребенных гумусовых горизонтов, оставшихся от предшествующих эпох, сформировавшихся в иных биоклиматических условиях. Они заметно отличаются по морфологии, составу гумуса и другим характеристикам от современных (дневных) гумусовых горизонтов [Кузьмин, 1986; Козлова, 2005, 2011; Козлова, Макарова, 2012; Козлова, Кузьмин, Зазовская, 2013].

Согласно Классификации-2004 почвы понижений (западин) в большинстве своем можно отнести к стволу синлитогенных почв отделу стратоземов, в которых большая часть профиля представлена гумусированной стратифицированной толщей мощностью более 40 см и условно рассматриваемый как стратифицированный серо-, темно- или светлогумусовый горизонт. Его верхняя часть вмещает аккумулятивно-гумусовый горизонт с близкими свойствами. Стратифицированный горизонт перекрывает профиль какой-либо почвы или минерального субстрата [Классификация ... , 2004].

Данные о содержании и распределении гумуса в исследуемых почвах западин показали, что мощность профиля западин за счет наличия в них погребенных гумусовых горизонтов может составлять 50–70 см (табл. 1).

Таблица 1

Групповой и фракционный состав гумуса почв западин

Горизонт, глубина, см	% С общ	% гумуса	Содержание гуминовых кислот			Содержание фульвокислот				*НО	Сгк/ Сфк
			в % к углероду почвы								
			Сгк1	Сгк2	Сгк3	Сфк1а	Сфк1	Сфк2	Сфк3		
Разрез 3. Стратозем серогумусовый на погребенной почве (дерновая лесная со вторым гумусовым горизонтом)											
RY 0–27	5,83	10,06	7	7	4	4	13	3	5	57	0,7
[A] 27–54	1,59	2,74	3	32	5	0	7	5	3	45	2,7
[B] 54–75	0,81	1,40	4	36	5	1	0	11	4	39	2,8
[C] 75–130	0,50	0,86	0	16	8	2	0	2	6	66	2,6
Разрез 1. Стратозем серогумусовый на погребенной почве (серая лесная со вторым гумусовым горизонтом) на суглинистых отложениях											
RY 0–37	5,53	9,54	17	16	7	6	6	6	2	40	1,9
[A] 37–70	3,90	6,72	13	37	8	5	4	2	3	27	5,3
[B] 70–90	0,38	0,65	0	14	8	15	3	0	13	47	0,6
[C] 90–125	0,21	0,36	0	12	11	16	5	0	8	48	0,8
Разрез 4. Стратозем серогумусовый на погребенной почве (серая лесная со вторым гумусовым горизонтом) на супесчаных отложениях											
RY 0–30	1,81	3,12	20	16	4	5	5	6	7	37	1,7
[A] 30–50	2,20	3,80	18	30	5	2	3	7	10	25	2,0
[B] 50–90	1,13	1,95	17	37	4	8	3	6	12	13	2,0
[C] 90–120	1,37	2,37	17	35	10	4	8	6	10	10	2,2

*НО – нерастворимый остаток.

Распределение гумуса в них, как правило, бимодальное, когда первый максимум приходится на гумусово-аккумулятивный, а второй – на погребенный горизонт.

Изучение состава гумуса почв понижений показало существенные различия верхних (дневных) и погребенных гумусовых горизонтов. Установлено, что во всех исследуемых почвах наблюдается заметное превалирование гуминовых кислот над фульвокислотами. Исключение составляет стратозем разреза 3 (дерновая лесная почва), поэтому гумусово-аккумулятивные горизонты исследуемых почв имеют фульватно-гуматный или гуматно-фульватный тип гумуса. Во фракционном составе гумуса отмечается примерно равное количество ГК 1-й и 2-й фракции, за счет притока свежей органики. Повышенное количество нерастворимого остатка, величина которого может превышать 50 % от общего содержания гумуса, по мнению В. И. Волковинцера [1978], может быть связано с процессами периодического высушивания и замораживания. В результате этих процессов значительная часть новообразованных гуминовых кислот необратимо связывается с минеральной частью почвы в форме гуминов, а оставшееся количество этих кислот по содержанию углерода уступает органическим соединениям типа фульвокислот. Согласно П. К. Ивельскому [1968] высокое содержание углерода нерастворимого остатка в почвах региона обусловлено слабой гумификацией растительных остатков в суровых климатических условиях, тормозящих жизнедеятельность микроорганизмов. Кроме того, под влиянием очень низких температур растворимые гуминовые кислоты подвергаются денатурации, переходя в нерастворимый гумин, что также увеличивает количество углерода нерастворимого остатка.

В погребенных горизонтах отмечено резкое расширение отношения $S_{гк} : S_{фк}$, которое в исследуемых почвах колеблется от 2 до 5, тип гумуса становится гуматным, что указывает на процессы его старения и конденсации, а также на иные более благоприятные условия его формирования. Во фракционном составе наблюдается явное превалирование 2-й фракции гуминовых кислот, связанной с кальцием. При этом резко снижается и даже исчезает 1-я фракция «свободных» гуминовых кислот, что связано с прекращением поступления сюда свежего органического вещества. Растворимость гумуса резко повышается, содержание нерастворимого остатка составляет менее 30 % и может 10–20 %.

Резко отличаются гумусовые дневные и погребенные горизонты по элементному составу гуминовых кислот (табл. 2).

Таблица 2

Элементный состав ГК стратозема серогумусового на погребенной почве разреза 3 (дерновой лесной почвы со вторым гумусовым горизонтом)

Горизонт	Зола %	Влага гигроскопическая %	Массовые проценты на сухое, беззольное вещество			
			С	Н	О	N
RY 0–27	11,0	15,3	57,0	5,8	33,8	3,4
[A] 27–54	9,4	14,6	62,1	3,7	31,4	2,7

Согласно полученным данным современные гумусовые горизонты содержат больше золы и гигроскопической влаги, характеризуются повышенным содержанием углерода и водорода, пониженным кислорода и азота, чем погребенные.

Более наглядно представляется роль отдельных элементов в построении молекул ГК при вычислении атомных отношений (табл. 3).

Таблица 3

Элементный состав ГК стратозема серогумусового на погребенной почве разреза 3 (дерновой лесной почвы со вторым гумусовым горизонтом) в атомных (мольных) процентах

Горизонт	Содержание атомов в %				Атомные отношения			Степень окисленности (ω)
	C	H	N	O	H/C	O/C	C/N	
RY 0–27	37,0	44,7	1,9	16,4	1,21	0,44	19,8	-0,32
[A] 27–54	46,9	33,6	1,7	17,8	0,72	0,38	27,2	0,04

Дерновый горизонт отличается низкой обуглероженностью ГК, высокой долей водорода, превышающей содержание углерода. Величина атомного отношения H/C 1,21, что указывает на значительную развитость боковых цепей и присутствие линейных связей групп – C-H, CH₂ и CH₃.

Состав ГК погребенного гумусового горизонта отличается высокой долей углерода и низкой – водорода. Содержание кислорода низкое, величина O/C приближается к средним значениям для ГК почв Европейской части [Орлов, 1990] Южного Урала [Дергачева, Некрасова, Лаврик, 2002], Западного Забайкалья [Чимитдоржиева, Цыбикова, 2003].

Степень окисленности современного горизонта – отрицательна, что говорит об избытке водорода и отвечает восстановленному характеру ГК. ГК погребенного горизонта имеет положительную степень окисленности, что указывает на избыток кислорода и более высокую окисленность. Насыщенность гуминовых кислот азотом очень низкая по сравнению с почвами Европейской части, Южного Урала и Западного Забайкалья.

Атомное отношение H/C в погребенном горизонте, равное 0,72, говорит о наличии бензоидных структур в ядерной части молекулы, что объясняется более теплыми условиями формирования этого горизонта в отличие от современного [Дергачева, Некрасова, Лаврик, 2002].

В целом, особенности состава гумуса погребенных горизонтов почв в западинах, а именно высокое содержание гуминовых кислот и низкое – нерастворимого остатка, превалирование в строении ГК ароматических связей над алифатическими, более высокая степень ее окисленности могут служить подтверждением существования в прошлом иных, возможно более благоприятных климатических условий. Так, согласно данным радиоуглеродного датирования гумусовых горизонтов стратозема серогумусового на погребенной почве (разрез 1), возраст горизонта А соответствует суббореальному периоду (табл. 4). Его формирование шло в биоклиматической обстановке близкой современной [Козлова, Кузьмин, Зазовская, 2013]. Возраст погребенного гумусового гори-

зонта относится к бореально-атлантическому времени, характеризующемуся значительным потеплением [Чичагова, 1985; Почва как память ... , 2008].

Таблица 4

Результаты радиоуглеродного датирования гумусовых горизонтов стратозема серогумусового на погребенной почве (разрез 1)

Лабораторный № ИГАН	Горизонт глубина, см	Радиоуглеродный возраст горизонта (лет назад)	Интервал калибровочного возраста 1σ : Cal BP-лет назад: [начало: конец] вероятность
3214	RY 0–37	1960 ± 50	[1867 BP:1952 BP] 0,845366 [1959 BP:1972 BP] 0,095339 [1977 BP:1986 BP] 0,059295
3215	[A] 37–70	4260 ± 60	[4650 BP:4671 BP] 0,080919 [4701 BP:4759 BP] 0,307260 [4944 BP:4948 BP] 0,012235

Это доказывает, что формирование темноцветных горизонтов полигенетических почв понижений реликтового криогенного микрорельефа шло в иных биоклиматических условиях отличных от современных с широким участием мезофильной травянистой растительностью.

Литература

- Александровский А. Л. Александровская Е. И. Эволюция почв и географическая среда. М. : Наука, 2005. 223 с.
- Алифанов В. М. Палеокриогенез и современное почвообразование : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1992. 47с.
- Алифанов В. М. Палеокриогенез и современное почвообразование. Пушино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. 318 с.
- Алифанов В. М. Палеокриогенез и разнообразие почв // Фундаментальные проблемы квартара, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 12–13
- Алифанов В. М., Гугалинская Л. А., Овчинников А. Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М. : Геос, 2010. 156 с.
- Бычков В. И. Микрокомплексность почв в Южном Прибайкалье // Структура почвенного покрова и методы ее изучения. М., 1973. С. 126–133
- Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М. : Наука, 1973. 256 с.
- Волковинцер В. И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 208 с.
- Воробьева Г. А. Значение позднелеистоценовых отложений и процессов для современного почвенного покрова юга Восточной Сибири // Почвы территорий нового освоения, их режимы и рациональное использование. Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО АН СССР, 1980. С. 13–17
- Воробьева Г. А. Возраст почв Прибайкалья // Естественная и антропогенная эволюция почв. Пушино, 1988. С. 74–82
- Воробьева Г. А. Геология и палеогеография юга Средней Сибири в кайнозое // Стратиграфия, палеогеография и археология юга Средней Сибири / отв. ред. Г. И. Медведев, Н. А. Савельев, В. В. Свинин. Иркутск, 1990.
- Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
- Геннадиев А. Н. Почвы и время: Модели развития. М. : Изд-во МГУ, 1990. 228 с.
- Гугалинская Л. А. Почвообразование и криогенез центра Русской равнины в позднем плейстоцене. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1982. 204 с.

- Гугалинская Л. А. Морфолитопедогенез центра Русской равнины : автореф. дис. д-ра биол. наук. Пушино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 44 с.
- Гугалинская Л. А. Позднеплейстоценовый морфолитогенез голоценовых почв центра Восточно-Европейской равнины // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. № 66. М. : ГЕОС, 2005. С. 33–41.
- Дергачева М. И., Некрасова О. А., Лаврик Н. Л. Гуминовые кислоты современных почв Южного Урала : Препринт-Д-36. Новосибирск, 2002. 24 с.
- Ивельский П. К. Состав гумуса лесных почв северо-запада Иркутской области // Вопросы почвенного плодородия. Иркутск, 1968. С. 58–68
- Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. Смоленск : Ойкумена, 2004. 324 с.
- Козлова А. А. Почвы бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 124 с.
- Козлова А. А., Макарова А. П. Экологические факторы почвообразования Южного Предбайкалья. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. – 3 с.
- Козлова А. А., Кузьмин В. А., Зазовская Э. П. Почвы палеокриогенных бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1181–1192
- Кузьмин В. А. Геохимические особенности почв в условиях бугристо-западинного рельефа Иркутско-Черемховской равнины // Региональные ландшафтно-геохимические исследования. Иркутск : Изд-во ин-та географии СО АН СССР, 1986. –С. 67–81
- Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 175 с.
- Кузьмин В. А. Опыт почвенно-географических исследований на территории Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 197–205
- Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
- Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие / А. А. Величко [и др.]. М. : Наука, 1996. 150 с.
- Почва как память биосферно-геосферно-атмосферных взаимодействий / О. И. Чичагова [и др.] // Память почв / отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. М., 2008. С. 182–203
- Чимитдоржиева Г. Д., Цыбикова Э. В. Элементный состав ГК длительносезоннопромерзающих почв Забайкалья // Гуминовые вещества в биосфере : тез. докл. II междунар. конф. М. ; СПб., 2003. С. 181–182
- Чичагова О. И. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М., 1985. 146 с.

Annotation. Depressions are pseudomorphs pocket-or wedge-shaped, the formation of which was the result of extensive development in the last polygonal ice wedges, which after thawing later, the void fill material cracks of the walls collapse. Therefore, the profile of the depressions observed the presence of one or even several of the buried humus horizons. They differ significantly in morphology, composition of humus and other characteristics of the modern (daily) humic horizons. Features composition of buried humus horizons, namely, a high content of humic acids and low – insoluble residue, the prevalence in the structure of humic acid on the aromatic aliphatic bonds may serve as confirmation of the existence in the past of other, possibly more favorable climatic conditions.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В ПРЕДБАЙКАЛЬЕ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

О. Г. Лопатовская

Иркутский государственный университет, lopatovs@gmail.com

Исследования засоленных почв включают в себя несколько этапов. Первый этап относится к XIX в., затем работа интенсивно продолжалась в XX и XXI вв. В начале XX в. А. М. Панков выделил контуры солончаковых супесей и песков на почвенной карте в Балаганском и Верхоленском уездах [7]. В это же время К. Д. Глинка [1] и А. Н. Криштофович отметили, что часть территории Иркутской области сложена кембрийскими соленосными породами [3]. Выщелачиваемые из этих отложений соли способствуют развитию засоленных почв и мокрых солонцов в долинах рек Ангары, Унги, Осы и других рек.

Анализируя данные А. М. Панкова, К. Д. Глинка отмечал, что в этих уездах встречаются мокрые солонцы, которые в степной части почвы имеют темные мощные гумусовые горизонты и склонны к столбчатости. Огромной заслугой К. Д. Глинки стало то, что он составил первую почвенную карту азиатской части России. На карте он отразил закономерности географического распространения для почв, генезиса солонцового процесса; подметил географическую закономерность размещения солончаков и солонцов в восточных районах; предложил схему, согласно которой количество солонцов и солонцовых почв непрерывно возрастает, начиная от черноземной зоны до северной зоны, а затем южнее солонцовый процесс начинает замирать и почти совершенно сходит на нет в зоне сероземов. Интересно подмечено, что площади солончаков увеличиваются в тех районах, где солонцовый процесс затухает и наоборот. Однако они почти всегда соседствуют друг с другом. Кроме того, он высказал несколько идей по вопросу генезиса, эволюции и географии солонцов. Им была выпущена работа «Солонцы и солончаки азиатской части СССР (Сибирь и Туркестан)». По вопросу теории происхождения солонцов, высказанной К. К. Гедройцем, он указал, что не всегда предшественниками солонцов являются натриевые солончаки. Для формирования солонцов необходимо: «...поднятие натриевых солей к поверхности и насыщение гумуса почвы ионом натрия и последующего удаления с помощью промывания хлора и серной кислоты. Идущее веками чередование этих процессов приводит к образованию солонца». Кроме того, К. Д. Глинка указывал, что большую роль в образовании растворимых солей играют продукты распада органических остатков и участие бактерий.

Он рассматривает возможность образования соды путем биогеохимических процессов в анаэробных условиях при наличии органических веществ путем восстановления сернокислого натрия в сульфид натрия. В присутствии органического вещества сульфид натрия превращается в соду. Этот процесс подтверждался в 40–60-е гг. и другими авторами.

А. Я. Райкин в 1911 г. отмечал наличие солончаков в местах выхода минерализованных источников на Лене в районе Верхоленского уезда [8].

К. П. Горшенин считает, что соли являются составными частями древних осадочных пород и получают в процессе выветривания и почвообразования. Например, среди пород встречаются содержащие известь. С поверхностей они сносятся вниз по рельефу, затем часть их выносятся в реки. Но некоторая часть солей задерживается в понижениях и выровненных участках. Это ведет к образованию засоленных почв. Он указывает на возможность формирования на известковых породах подзолистых почв. Хотя на карбонатных породах процесс подзолообразования проявляется слабо [2].

В фундаментальной монографии И. В. Николаева «Почвы Иркутской области» так же указывалось на присутствие в регионе засоленных почв. Им был выделен тип солончаков и солонцов. Он предположил, что солонцы образуются в результате рассоления луговых солончаков, минуя стадию солончака, вследствие наличия в прошлом вечной и сезонной мерзлоты. Засолению способствовали процессы почвообразования, унаследованные от прошлых геологических эпох: присутствие солевых аккумуляций в породах; наличие дислокаций в геологической структуре; своеобразие гидрогеологических условий, допускающее перенос солей из глубин к поверхности; значительное распространение сильноминерализованных подземных вод, если минерализованные почвенно-грунтовые воды залегают в днищах речных долин на глубине не более 3 м; в условиях засушливого климата юга Сибири легкорастворимые соли из почвенно-грунтовых вод выносятся капиллярными токами в поверхностные горизонты почв, чему способствует тяжелый гранулометрический состав почв. Он также обнаруживает карбонаты на глубине 40–50 см в подзолистых почвах, что позволило отнести их к подтипу подзолисто-солонцеватых (осолоделых). Однако, доказательств солонцеватости или осолоделости в монографии не приводится. В дальнейшем это явление объяснялось как остаточная солонцеватость или осолоделость почв и высказано предположение о развитии процесса осолодевания в лесных почвах на засоленных породах, в частности на породах кембрийского возраста [5; 6].

Что касается солодей, то они имеют ограниченное положение на плоских водораздельных и древних террасах, покрытых делювием или аллювиальными отложениями под изреженными травянистыми светлохвойными и мелколиственными лесами на засоленных породах кембрийского возраста. На карте почвенных районов и подрайонов Иркутской области, составленной И. В. Николаевым, засоленные почвы как таковые не были выделены.

Позднее О. В. Макеев среди дерново-подзолистых и дерновых лесных почв описал остаточно-осолоделые почвы на элювии и делювии плотных осадочных пород, под крупными участками лесов, сохранившихся от прежней тайги в Братском и Заларинском районах. Имеющиеся участки степей, по его мнению, вероятно реликтовые и подвергались влиянию растительности со стороны монгольских степей. К признакам реликтовости он относит солонцеватость и осолоделость почв под лесом и в луговато-черноземных почвах. Кроме того, отмечает, что специфическим условием образования засоленных почв является

наличие вечной мерзлоты. Смягчение климата и увеличение степени гумидности явилось причиной миграции древесной растительности с водоразделов на нижние части склонов (на почвы степного ряда), что способствовало развитию процессов осолодения, наложившихся на предшествующие почвы [4].

Засоленные почвы активно изучались Б. В. Надеждиным, Ш. Д. Хисматуллиным, Н. И. Карнауховым, частично упоминались в трудах многими сибирскими почвоведом: В. П. Мартыновым, М. А. Корзуновым, С. А. Коляго, А. Г. Сазоновым, В. А. Кузьминым, И. Н. Углановым и О. Г. Лопатовской. Исследование засоленных почв в Предбайкалье продолжается в настоящее время. В настоящий момент актуальным остается изучение процессов засоления-рассоления с целью перспективного использования почв в сельском хозяйстве.

Литература

1. Глинка К. Д. Предварительный отчет об организации и использовании работ по исследованию почв Азиатской России в 1909 г. СПб., 1918. Рис., черт., схем., карты.
2. Горшенин К. П. Природные условия и почвы Восточной Сибири. ОГИЗ-Иркутск. 1948. С. 3–22.
3. Криштофович А. Н. Ботанико-географические исследования в области березового хребта и Балаганской степи в Иркутской губернии // Труды почв.-бот. экспед. по исслед. колонизац. районов Аз. России, ч. II. в. 3, Ботан. исслед. 1908 г. / под ред. Б. А. Федченко. СПб., 1910. С. 1–153.
4. Макеев О. В. Дерново-таежные почвы юга средней Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 107 с.
5. Николаев И. В. О генезисе засоленных почв Бурят-Монгольской республики. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1949. 26 с.
6. Николаев И. В. Почвы Иркутской области. Иркутск, 1949. 404 с.
7. Панков А. М. Почвенно-географический очерк Тыреть-Жигаловского тракта Балаганского и Верхотурского уезда Иркутской губернии // Труды почв.-ботан. Экспед. по исслед. колонизац. районов Аз. России, ч. 1. Почв. Исследован. в 1909 г. в. 11, СПб., 1911.
8. Райкин А. Я. Ангара-Илим-Ленский район Иркутской губернии // Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1911 г. СПб., 1912. С. 19–27.

Lopatovskaya O. G.
Irkutsk State University

This article presents some information on the study of saline soils in the Baikal Region in the period 1900 – 1950. It is noted that the soil found in the river valleys, in the steppe regions. The source of the salts are the parent rocks, groundwater, combined with the climatic conditions.

О ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЯХ НАЗЕМНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА ШАРА-НУР (О. ОЛЬХОН, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Максимова Е. Н., Педранова В. И.

Иркутский государственный университет, Иркутск, evgen_max@list.ru

Озеро Шара-Нур располагается на восточном побережье острова Ольхон (Иркутская область), на высоте 750 м над уровнем моря и имеет площадь 13,8 га. По классификации О. А. Алекина относится к солоноватым водоемам, гидрокарбонатного типа [1]. Этот факт обуславливает формирование особой наземной экосистемы, находящейся под влиянием соленых вод озера. Благодаря бальнеологическим свойствам минеральной воды, озеро является излюбленным местом отдыха местных жителей и многочисленных туристов.

Преобладающими почвами на острове являются каштановые и горно-каштановые. В падах, и долинах временных водотоков встречаются луговые, лугово-каштановые и дерново-луговые огленные почвы с довольно мощным и обогащенным гумусом горизонтом. Локально, в западинах и на месте существовавших прежде озер встречаются солонцы, а в прибрежной полосе соленых озер под галофитными лугами – солончаки [4].

На побережье оз. Шара-Нур доминирует разнотравно-типчаково-тырсовые и тимьяно-мятликовые сообщества. На последних стадиях дигрессии, описанные степные сообщества трансформируются в лапчатко-твердоватоосоковые сообщества, которые представлены небольшими участками в местах стоянок туристов и на подходе к воде [10].

Сообщества водорослей очень разнообразны и зависят от почвы и растительности. Ассоциации почвенных водорослей, входя в состав соответствующих фитоценозов, формируются под влиянием наземной растительности и почвенных условий. Взаимозависимость растительного покрова, почвы и ее микроскопического населения приводит к тому, что группировки водорослей, более или менее четко приурочены к определенным почвам и к определенным растительным формациям [5].

Отбор почвенных образцов проводился в трансект-катене в 2014 г., когда озеро не было заполнено водой, согласно общепринятым в почвоведении методам. Было заложено 6 почвенных разрезов. В работе представлены результаты анализа поверхностных горизонтов (0–15 см), как наиболее чувствительных к антропогенному воздействию. Как было показано ранее [6], электропроводность исследуемых почв, указывающая на общее содержание минеральных веществ, изменяется в пределах от 0,1 до 10 ppt. Наибольшая электропроводность отмечена на дне оз. Шара-Нур, что характерно для минеральных озер. Кислотность почв верхних горизонтов колеблется от слабокислого до сильнощелочного (6,2 до 9,9). Такие результаты связаны со специфическими условиями почвообразования на данной территории. В процессе почвообразования принимают участие сульфиды железа, благодаря которым pH становится более

кислым. Легкорастворимые соли, в том числе сода, способствуют подщелачиванию почв и воды в озере, что придает им высокие значения (9,9).

Диагностика видового состава почвенных микроводорослей проводилась по общепринятым в почвенной альгологии методам с использованием отечественных и зарубежных определителей [2; 7–9; 12]. Для выращивания водорослей применялись жидкие питательные среды [3].

Систематический список и распределение видов водорослей по почвенным образцам представлены в табл. 1. Видовые названия расположены внутри отделов в алфавитном порядке. Названия отделов, а также синонимы для некоторых видов, приводятся, согласно системе, принятой крупнейшим мировым альгологическим сайтом AlgaeBase [13].

Таблица 1

Распределение водорослей по почвенным образцам

Отдел/Вид	Номер почвенного разреза					
	1	2	3	4	5	6
Cyanobacteria						
<i>Nostoc paludosum</i> Kützing ex Bornet et Flahault f. <i>paludosum</i> [= <i>Amorphonostoc paludosum</i> (Kützing) Elenkin]		+	+		+	
<i>N. punctiforme</i> (Kützing) Hariot f. <i>punctiforme</i> [= <i>Amorphonostoc punctiforme</i> (Kützing) Elenkin]					+	
<i>N. linckia</i> (Roth) Bornet ex Bornet et Flahault f. <i>linckia</i> [= <i>Stratonostoc linckia</i> (Roth) Elenkin]				+		
<i>Trichormus variabilis</i> (Kützing ex Bornet et Flahault) Komár- ek et Anagnostidis [= <i>Anabaena variabilis</i> Kützing ex Bornet et Flahault]		+	+		+	+
Bacillariophyta						
<i>Cymbella</i> sp.					+	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow					+	+
Chlorophyta						
<i>Chlamydomonas incerta</i> Pascher		+	+			
<i>C. proboscigera</i> (Korsch.) Pasch. var. <i>proboscigera</i>					+	
<i>Chlamydocapsa lobata</i> Broady				+		
<i>Chlorococcum minutum</i> R. C. Starr					+	
<i>Cocobotrys verrucariae</i> Chodat			+			
<i>Jaagiella alpicola</i> Vischer					+	+
<i>Mychonastes homoshaera</i> (Skuja) Kalina et Punč.	+	+				
<i>Pseudodictiochloris dissecta</i> Vinatzer		+			+	
<i>Tetracystis pampae</i> Brown et Bold				+		
<i>Tetracystis</i> sp.	+					
Число видов:	2	5	4	3	9	3

Примечание: «+» – вид выявлен в культуре, «+!» – вид в культуре отмечен в массе.

В почвенных накопительных культурах отмечено 17 видов водорослей, относящихся к трем отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta и Chlorophyta. Отдел Cyanobacteria включает четыре вида прокариотических фотосинтезирующих, азотфиксирующих организмов. Из них *Trichormus variabilis* отмечен для четырех образцов, при этом в массе развивается в образце разреза № 5 с щелочным pH = 9,9 и низким содержанием гумуса. *Nostoc paludosum* f. *paludosum* встреча-

ется в трех образцах. Доминирование этих видов в щелочных почвах с одной стороны – типично для данной группы, с другой – указывает на начальные стадии дигрессии данного биотопа. В целом альгоценоз образца из разреза № 5 отличается наибольшим видовым разнообразием (9 видов) и включает виды трех отделов. Отделы Bacillariophyta (2 вида) и Chlorophyta (10 видов) представлены эукариотическими водорослями. Наименьшее число (2) видов отмечено для образца разреза № 1, заложенного на дне пересохшего озера, с кислым значением $pH = 6,6$. В нем развиваются зеленые одноклеточные водоросли, рост которых незначителен, а при длительном экспонировании культуры отмечается гибель клеток. Для образца из разреза № 4, отмечено преобладание в массе *Tetracystis rampraе*, что характерно для лесных почв. Доминирование в почвах представителей отдела Chlorophyta объясняется отбором части проб под лесной растительностью. Во флоре нельзя выделить господствующий род, так как большинство родов является одновидовыми, а лишь род Nostoc представлен 3 видами.

Влияние pH почвы на развитие почвенных водорослей подробно рассматривали многие авторы. Общая закономерность влияния кислотности – это увеличение видового богатства водорослей при ее подщелачивании до слабощелочных значений. Водорослей, приуроченных к определенным значениям pH , гораздо больше, чем видов, общих для различных степеней кислотности. Различают флору водорослей кислых, нейтральных и щелочных почв, при этом наиболее богата видами нейтральная почва. Показателем кислой почвы служит отсутствие синезеленых и диатомовых водорослей, а показателем щелочной – господство синезеленых [11].

При анализе влияния кислотности на видовое разнообразие почвенных водорослей в исследуемых образцах можно констатировать, что наибольшее число видов выявлено при $pH = 9,9$. Из них Cyanobacteria – 3, Bacillariophyta – 2, Chlorophyta – 5 видов. Как показывают результаты, преобладание зеленых водорослей в образце противоречит литературным данным и может быть связано с недовыявленностью видового состава. Тем не менее, отмечено, что в образце в массе развивается синезеленая азотфиксирующая нитчатка *Trichormus variabilis*, предпочитающая щелочные значения pH . Меньше всего видов отмечено при кислых и слабощелочных значениях pH . Близкие к нейтральным почвам или же слабощелочные почвы содержат разные виды, но необязательно дают больший урожай водорослей. Как видно из таблицы (табл. 2), высокие значения гумуса не способствуют видовому разнообразию. Значительное содержание органического вещества действует на водоросли как лимитирующий фактор и в таких условиях развиваются олигодоминантные сообщества.

Влияние pH на видовое разнообразие водорослей

№ разреза	Глубина, см	pH	Электропроводность, ppt	Гумус, %	Число видов
1.	1–4	6,2	10	29,15	2
2.	0–7	8,1	0,3	39,81	5
3.	0–6	8,6	0,1	9,50	4
4.	0–8	7,2	Не опр.	2,33	3
5.	0–10	9,9	1,0	6,18	10
6.	0–15	7,9	Не опр.	17,56	3

Примечание: Не опр. – показатель не определялся.

Таким образом, при анализе поверхностных горизонтов почв наземной экосистемы, формирующейся в зоне влияния соленого оз. Шара-Нур было выявлено 17 видов водорослей, относящихся к трем отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta. Максимальное видовое разнообразие обнаружено в точке 5 (10 видов). Массовое разрастание синезелёных водорослей свойственно почвам с щелочными значениями pH, которые характерны для исследуемых почв. Преобладание синезелёных водорослей также может свидетельствовать об антропогенной нарушенности территории, где происходит вытаптывание растительного покрова. В целом же при анализе видового разнообразия было показано преобладание зеленых водорослей, что типично для лесных сообществ, распространенных в восточной части острова (трансект-катене оз. Шара-Нур).

Авторы выражают благодарность Хадеевой Е. Р., сотруднику Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН и Лопатовской О. Г., канд биол. наук, доценту кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов за предоставленные почвенные образцы.

Литература

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометр. изд-во, 1970. 200 с.
2. Андреева В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли. СПб. : Наука, 1998. 351 с.
3. Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л. : Наука, 1969. 228 с.
4. Иметхенов А. Б. Долгонова Э. З., Елбаскин П. Н. Ольхон – край родной. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. гос. ун-та, 1997. – 352 с.
5. Кабиров Р. Р. Пурина Е. С., Сафиуллина Л. М. Почвенные водоросли: качественный состав, количественные характеристики, использование при проведении экологического мониторинга // Успехи современного естествознания. 2008. № 5. С. 54–55. Электрон. версия печ. публ. URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=9981> (дата обращения: 16.06.2016).
6. К характеристике засоленных почв о. Ольхон, Предбайкалье [Электронный ресурс] / О. Г. Лопатовская, Т. П. Денисова, Е. Н. Максимова, Е. Р. Хадеева // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24472> (дата обращения: 06.06.2016).
7. Определитель пресноводных водорослей СССР. М. : Сов. Наука, 1951. Т. 4. 619 с.
8. Определитель пресноводных водорослей СССР. М. : Сов. Наука, 1953. Т. 2. 652 с.
9. Определитель пресноводных водорослей СССР. Л. : Наука, 1986. Т. 10 (1). 360 с.

10. Пономаренко Е. А., Солодянкина С. В. Трансформация прибрежных геосистем озера Байкал под воздействием рекреационной деятельности // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 6, № 1. С. 147–160.
11. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М., 1976. 144 с.
12. Ettl H., Gärtner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalge. Studgard, 1995. 680 p.
13. Guiry M. D., Guiry G. M. // AlgaeBase. World-wide electronic publication / National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org>. 2014. Searched on 05 December 2015 – 18 Februar 2016.

ABOUT SOIL ALGAE TERRESTRIAL ECOSYSTEMS SHARA-NUR LAKE (OLKHON IRKUTSK REGION)

Maksimova E. N., Pedranova V. I.

Irkutsk State University, Irkutsk, evgen_max@list.ru

The study of soil Olkhon (Irkutsk region). Samples were selected in the terrestrial ecosystem of the lake Shara-Nur. Sampling is made according to conventional methods in soil science. Algae cultivation was carried out by conventional methods in soil algology. The results of the analysis of the surface horizons of six soil profiles. We present algological characteristics of soil quality indicators. The enrichment cultures revealed 17 species of algae, belonging to three departments: Cyanobacteria, Bacillriophyta and Chlorophytes. In terms of species diversity dominated by Chlorophyta department. It traces the relationship of species diversity of the pH of the medium and organic matter content. The problems of the occurrence and distribution of algae, algae traced the relationship with the ecological characteristics of soil.

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Напрасникова Е. В.¹, Макарова А. П.²

¹Институт географии им В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, narev@irigs.irk.ru

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, nadin_buk@mail.ru

Контроль качества окружающей среды по биологическим объектам в настоящее время признан актуальным экологически ориентированным научным подходом.

Цель настоящей работы заключалась в оценке влияния мощного техногенного загрязнения алюминиевой промышленности на биохимическую активность и микробиоту почв в условиях подтаежных и степных ландшафтов.

Объектами детального исследования служили почвы городов Шелехов и Саяногорск, а также сопредельных территорий в зоне воздействия эмиссий алюминиевых заводов – ИркАЗ и САЗ соответственно.

Город Шелехов находится в 20 км к юго-западу от областного центра г. Иркутска на юге Иркутско-Черемховской равнины. По данным И. А. Белозерцевой [2], в зоне влияния ИркАЗа преобладают антропогенно-преобразованные дерновые лесные почвы с маломощным гумусовым горизонтом и морфологически недифференцированным профилем. Содержание водорастворимой формы фтора в слое почвы 0–10 см велико и отмечается на уровне 10–20 ПДК на расстоянии 0,5 км от завода. В атмосфере над ИркАЗом обнаружено около 200 соединений, в том числе бенз(а)пирен, формальдегид, хлорметан, диоксид азота, фтористый водород, твердые фториды, окислы кремния.

Город Саяногорск расположен в южной части Минусинской котловины Красноярского края в 16 км от Саяногорского алюминиевого завода. Почвенный покров древней аллювиальной равнины в зоне влияния завода представлен средне- и легко суглинистыми малогумусными южными черноземами. Мощность почвенного профиля составляет 30–40 см, реже до 80. Степи Минусинской котловины относятся к енисейским настоящим тырсовым степям. По данным Н. Д. Давыдовой, как и в случае с ИркАЗом, [6] специфическими элементами выбросов САЗа, загрязняющими почвенные растворы, являются фтор и натрий. Уровень содержания водорастворимого фтора в почвах зоны воздействия пылегазовых эмиссий САЗа находится в пределах 1–4 ПДК. Такие почвы относятся к техногенно загрязненным.

Отбор почвенных образцов для анализов осуществлялся в функциональных зонах городов, согласно ГОСТу [5]. Санитарно-микробиологическую оценку проводили по общепринятым методикам [4; 8]. При идентификации доминирующих сапрофитных эубактерий, а также актиномицетов и микроскопических грибов использовали определители по соответствующим группам [3; 7; 9]. Уровень биохимической активности почв определен экспресс-методом по

Аристовской и Чугуновой [1]. Щелочно-кислотные условия регистрировались потенциометрическим методом.

Исследования показали, что в почвенном покрове г. Шелехова количество аммонифицирующих эубактерий колеблется от 0,3 до 0,94 млн КОЕ/г почвы в селитебной зоне. Значительно меньше их обнаружено в промышленной (от 0,07 до 0,18 млн КОЕ /г), в тоже время в контрольной зональной почве численность этой группы достигает 2,1 млн (табл.). Наблюдается угнетение аммонифицирующих бактерий под влиянием приоритетного загрязнителя фтористого водорода даже в селитебной зоне, для которой характерен привнос большого количества органических веществ антропогенного происхождения. Качественный состав хемоорганотрофных эубактерий представлен в основном бациллами и псевдомонадами. Кокковидные формы встречаются редко. Биоразнообразие бактериальной составляющей невысокое. Актиномицеты оказались наиболее чувствительные к аэротехногенным выбросам ИркаЗа. Их численность в селитебной зоне колеблется от 0,01 до 0,06 млн. КОЕ/г и значительно уступает контрольной почве.

Таблица

Численность основных групп микроорганизмов в почвенном покрове изучаемых городов и сопредельных территорий (млн КОЕ /г почвы)

№ точки отбора проб	Эубактерии		Актиномицеты	Микромицеты
	Хемоорганотрофные	Усваивающие минеральные источники азота		
г. Шелехов				
Селитебная зона				
1	0,43	0,65	0,06	0,001
2	0,94	0,30	0,01	0,06
3	0,30	0,60	0,03	0,08
4	0,81	0,62	0,04	0,004
5*	0,52	1,4	0,06	0,005
Промышленная				
6	0,18	2,3	0,005	0,05
7	0,07	0,66	0,002	0,006
Контрольная (дерновая лесная почва)				
10	2,1	1,30	0,79	0,08
г. Саяногорск				
Селитебная зона				
1	3,0	2,5	0,20	0,06
2	2,8	0,7	0,30	0,02
3*	3,4	2,6	0,33	0,03
Промышленная				
4	0,7	0,3	0,08	0,01
5	0,1	0,12	0,06	0,01
Контрольная (чернозём выщелоченный на карбонатном аллювии)				
8	3,2	2,5	0,40	0,07

Примечание: * – частный сектор

В промышленной зоне данная группа на порядок меньше, что говорит о высокой чувствительности ее к воздействиям техногенных выбросов. Биоразнообразие актиномицетов низкое и представлено родом *Streptomyces*, секциями *Albus* и *Cinereus*. Численность микромицетов невысокая, но разнообразие гораздо больше, чем актиномицетов, что не противоречит их экологической сущности. В почвенном покрове г. Шелехова доминируют толерантные к нейтральным и слабощелочным значениям pH микроскопические грибы родов: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Scopulariopsis*. В тоже время в зональной почве (контрольный образец) кроме вышеуказанных родов обнаружены роды *Curvularia*, *Verticilium*, *Alternaria*, *Mycogone*, *Fusarium*, *Mucor*.

Определение количественно-качественного состава санитарно-показательных бактерий (БГКП) в почвах показало, что титр колиформных бактерий не превышал 0,1 в селитебной зоне, а коли-индекс (количество колиформных бактерий в 1грамме почвы) составлял 20–35. В промышленной зоне колиформные бактерии не обнаружены. Следовательно, почвы г. Шелехова можно оценить как чистые и слабо загрязненные. Этот факт связываем не только с высокой санитарной культурой или высоким уровнем санитарно-гигиенических мероприятий и даже не самоочищающей способностью почв, а главным образом с ингибирующим действием приоритетного загрязнителя выбросов ИркаЗа – фторидов (10–20 ПДК).

Состав БГКП в почвах г. Саяногорска и сопредельных территорий свидетельствуют о загрязненности почв. Титр и индекс колиформных бактерий значительно колеблется в зависимости от места отбора проб. *Escherichia coli* обнаружена во всех функциональных зонах города за исключением промышленной. Санитарное состояние исследуемых почв оценивается по степени загрязнения от слабой до умеренной. Сравнительный анализ санитарных показателей городов позволяет определить почвы г. Саяногорска как более загрязненные. Данный факт связываем со спецификой почвенного покрова Минусинской степи, в том числе со значениями pH почв (нейтральными и щелочными) и трансформацией элементов выбросов САЗа в пределах 1–4 ПДК.

Известно, что биохимическая активность почв (БАП) является одним из информативных показателей её функциональных возможностей на текущий момент времени и контролируется экологическими факторами, особенно щелочно-кислотными условиями. Характер изменения БАП двух городов и сопредельных территорий имеет большое сходство (особенно в селитебных зонах), а уровень показателей очень высокий (рис. 1, 2).

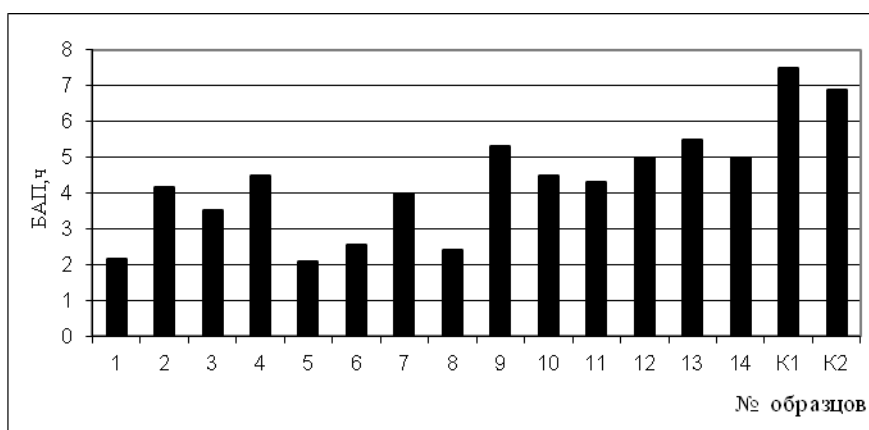


Рис. 1. Биохимическая активность почв функциональных зон г. Шелехова и сопредельных территорий.

Примечание: точки 1–8 – селитебная зона; 9–11 – рекреационная; 12–14 – промышленная; K1, K2 – контроль

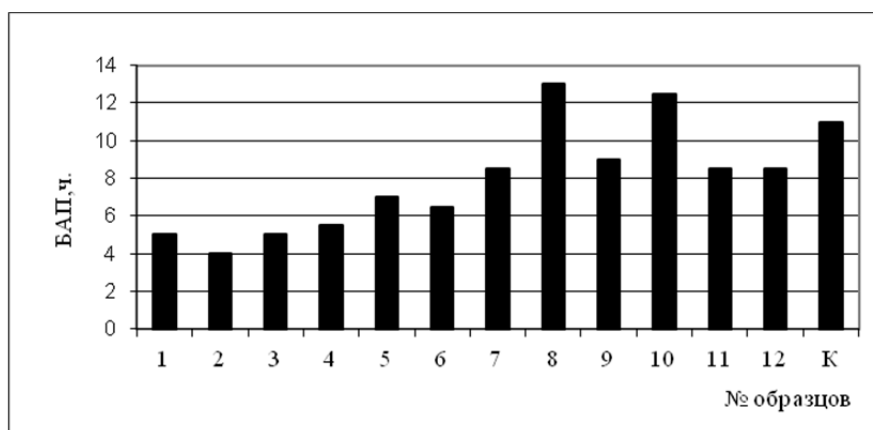


Рис. 2 Биохимическая активность почв функциональных зон г. Саяногорска и сопредельных территорий.

Примечание: точки 1–6 – селитебная зона; 7–11 промышленная; 12 – рекреационная; К – контроль

Данный факт нельзя рассматривать как положительный. Существенное увеличение БАП может вызвать потерю биогенного элемента – азота, что в свою очередь приведет почвенную систему к экологическому регрессу. По сравнению с контролем в промышленной зоне городов и сопредельных территориях наблюдается тенденция уменьшения БАП.

Итак, выявлено ингибирующее воздействие фторидов, которое прослеживается по санитарно-микробиологическим показателям в почвах города Шелехов и по снижению уровня биохимической активности в Саяногорске. Полученные результаты указывают на необходимость контроля над функциональным состоянием исследуемых почв.

Литература

1. Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
2. Белозерцева И. А. Воздействие выбросов алюминиевого производства на природную среду пригородной зоны // Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири». Новосибирск : Наука, 2004. С. 138–144.

3. Гаузе Г. Ф. Определитель актиномицетов. М. : Наука, 1983. 245с.
 4. Гигиенические нормативы / под ред. Г. Г. Онищенко. СПб. : Профессионал, 2011. С. 118.
 5. ГОСТ 17.4.02.-84. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М. : Изд-во стандартов, 1984. С. 4.
 6. Давыдова Н. Д. Техногенные потоки и дифференциация веществам в геосистемах // Географические исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 2007. Т. 2. С. 261 – 276.
 7. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. Л. : Наука, 1967. – 303 с.
 8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : МГУ, 1991. 303 с.
 9. Определитель бактерий Бердже : в 2 т. : пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта. М. : Изд. Мир, 1997. Т. 1. 303 с.
-

STATE OF THE SOIL IN THE TECHNOGENIC INFLUENCE (ECOLOGICAL ASPEKT)

Naprasnikova E. V., Makarova A. P.

Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, napev@irigs.irk.ru
Irkutsk State University, Irkutsk, nadin_buk@mail.ru

An analysis is made of experimental data obtained from studying the ecological-microbiological and biochemical characteristics of soil cover in the influence area of emissions from Siberia's aluminum smelters. It is found that actinomyces and chemoorganotrophic non-spore-forming eubacteria undergo the most severe inhibition under the influence of the water-soluble form of fluorine in the anthropogenically transformed sod forest soil of the subtaiga. A decline in the level of biochemical activity is observed in humus-deficient chernozem the steppe to be caused by fluorine.

ТРАНСФОРМАЦИЯ УГЛЕРОДА В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ

Помазкина Л. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, LVP@sifibr.irk.ru

Современные климатические изменения, как и техногенное загрязнение почв, служат основанием необходимости изучения состояния наземных экосистем, включая агроэкосистему. Особого внимания заслуживает влияние на биосферные функции, в том числе, связанные с формированием цикла углерода [2; 3; 5; и др.]. Интерес представляет поступление CO_2 в атмосферу, способствующее потеплению климата [3; 4; 6; 7; и др.]. Необходимость его количественной оценки на территории разных регионов подчеркивается в докладах МГЭИК, отчетах РОСГИДРОМЕТ и других публикациях. Отмечается необходимость выявлять не только промышленную эмиссию CO_2 , но и роль почвенного покрова. Существующие расчеты дыхания почв России пока предварительны, поскольку расчеты обусловлены множеством факторов [1; 6; 8]. Например, повышение минерализации органического вещества в агроэкосистемах на техногенно загрязненных почвах сопровождается усилением эмиссии CO_2 и, напротив, снижением иммобилизации углерода [10–12]. Снижение ресурсного потенциала почв, зависящее от активности процессов внутрипочвенного цикла углерода, влияет на функционирование, состояние и развитие агроэкосистем. Оценка воздействия изменяющихся факторов среды на процессы микробной трансформации углерода в агроэкосистемах возможна только в длительных полевых опытах.

Цель исследования: в многолетнем (1997–2015 гг.) агроэкологическом мониторинге на фоне современных климатических изменений выявить воздействие техногенного загрязнения фторидами на трансформацию углерода, режимы функционирования и состояние агроэкосистем на агросерой почве лесостепи Байкальского региона.

Полевые опыты проводили на стационаре СИФИБР СО РАН ($52^{\circ}14' \text{N}$ и $104^{\circ}16' \text{E}$). Наблюдения за трансформацией углерода в изменяющихся условиях среды выполняли в агроэкосистемах на агросерой незагрязненной почве D и на техногенно загрязненных фторидами DF1 и DF2, различавшихся их влиянием на почву. Характеристика свойств почв, постановка и методы экспериментальных исследований в мониторинге изложены ранее [10–12]. В данной публикации представлены результаты, полученные в агроэкосистемах с посевом яровой пшеницы и в пару.

Обобщение ежегодных экспериментальных данных мониторинга проводили с использованием методологии сравнительного и системного анализа [10–

12]. Агроэкосистема рассматривалась как открытая система компонентов (почва-микроорганизмы-растения-атмосфера), интегрированная потоками углерода, которые характеризуют зависящие от изменения условий среды особенности обмена между компонентами. Минерализованный за вегетацию углерод почвы (**М**) характеризует «вход» вещества в систему, который делится на два потока: нетто-минерализованный (**Н-М**) – «выход» и (ре)иммобилизованный углерод (**РИ**) – «возврат на выходе», или обратная связь, обеспечивающая поддержание пула новообразованных углеродсодержащих веществ в почве в результате ресинтеза и рециркуляции. Воздействие факторов среды (нагрузка) на агроэкосистему оценивали по трансформации углерода во внутрипочвенном цикле (минерализация $\Leftrightarrow$ (ре)иммобилизация). Средний за вегетацию минерализовавшийся (**М**) углерод почвы рассчитывали как сумму иммобилизованного в микробной биомассе ($C_{мик}$) и подвергающемуся эмиссии CO_2 . Потоки углерода ($г\ C / м^2$) рассчитывали с учетом плотности сложения пахотного слоя почвы.

Интегральную оценку режима функционирования агроэкосистемы проводили на основе соотношении потоков нетто-минерализованного и (ре)иммобилизованного углерода (**Н-М:РИ**), а также показателя **РИ**, который рассчитывали относительно минерализованного за вегетацию углерода (**РИ:М**, %). Согласно экспериментально разработанной шкале оценочных критериев, скомпенсированность потоков **Н-М** и **РИ** углерода соответствует динамически равновесному состоянию агроэкосистемы (режим гомеостаза). Повышение нагрузки изменяет режим функционирования – стресс, резистентность, адаптационное истощение, репрессия. Подход апробирован [10–12], а его использование в мониторинге позволяет оценивать воздействие на агроэкосистему гидротермических условий и техногенного загрязнения почв.

Факты потепления климата в последние десятилетия известны, причем в Байкальском регионе изменения довольно значительные [9]. Относительно «климатической нормы» за вегетацию [15] в годы мониторинга выявлен тренд повышения температуры воздуха и колебание суммы осадков. Близкий к норме показатель ГТК (1. 58) был в 1997 г. В 2002 г. отмечали резкое снижение влагообеспеченности (0. 92), а в 2004 г. повышение (2,25). В 2010–2013 гг. показатели были в пределах нормы, а в 2013 и 2015 гг. – снижались. Результаты исследования в эти годы использовали для сравнительного анализа влияния гидротермических факторов на скорость эмиссии CO_2 и содержание углерода в почвенной микробной массе ($C_{мик}$).

Отличия свойств почв, как и гидротермических показателей в разные годы мониторинга, влияли на функционирование почвенного микробного комплекса. Так, среднемноголетняя за вегетацию скорость эмиссии CO_2 на почвах **D** и **D F1** различалась (соответственно 5,4 и 5,9 $г/м^2$ сут). В близком к норме 1997 г. на почве **DF1** показатель был выше (8,2 $г/м^2$ сут), чем на **D**. В переувлажненном 2004 г. и влажном 2010 г. различия были меньше, а в засушливом 2002 г. более значительные. Изменения в содержании $C_{мик}$ в почвах выявили, что она мало зависела от загрязнения. Средние за мониторинг показатели $C_{мик}$, как и их вариабельность (19 и 22 %), показали примерно одинаковую величину иммобилизации углерода, характеризующую формирование активного пула новообразо-

ванных веществ в почве. В аномальные 2002 и 2004 гг. различия в ее содержании на почвах D и DF1 также были недостоверные, хотя и оказались меньше, чем в благоприятном.

На фоне климатических изменений в разные годы отклик микробного комплекса на загрязнение фторидами проявлялся в усилении дыхания, причем эмиссия CO_2 больше зависела от температуры воздуха ($r = 0,50$), чем от влажности почвы ($r = 0,18$). Связь между содержанием Смик и гидротермическими показателями была слабая. Вероятно, колебание Смик в разные годы было в пределах, соответствующих структуре микробного сообщества адаптированного к природно-климатическим условиям.

Зависимость активности микробного комплекса от факторов среды подтверждала величина минерализовавшегося (М) углерода за вегетацию, а также формирование потоков нетто-минерализации и (ре)иммобилизации, относительно М. Несмотря на отличия их в разные годы, на почве DF1 показатель М был больше, чем на D. Например, в пару в среднем за мониторинг он составляла соответственно 89,5 и 78,9 мг С/100 г. В близком к норме 1997 г. на почве DF1 показатель был выше (135,4 против 80,4 мг С/100 г на почве D), а в засушливом 2002 г. значительно меньше (80,0 мг С/100 г) и мало зависел от загрязнения. Во влажные годы на обеих почвах от средних за мониторинг он отличался меньше. Зависящая от условий среды активность трансформации углерода проявлялась в формировании потока Н-М углерода. В среднем за мониторинг на почвах DF1 и D его доля достигала соответственно 70 и 67 % от М. Однако в благоприятном 1997 г. рециркуляция углерода была больше на почве D (43 %), чем на DF1 (28 % от М). В аномальные по влагообеспеченности годы происходило снижение РИ, причем связанные с загрязнением различия были незначительные. Можно полагать, повышение величины (ре)иммобилизованного углерода является основополагающим для функционирования и устойчивости агроэкосистемы [10–12].

Показатели микробной трансформации углерода в разные годы, происшедшие на фоне климатических изменений и загрязнения фторидами, использовали для интегральной оценки режимов функционирования агроэкосистем (рисунки). Например, в пару на почве D в близком к «норме» 1997 г. агроэкосистемы функционировали в режиме стресса, который обусловлен высокой рециркуляцией углерода (допустимая нагрузка). В то же время на загрязненной почве DF1 формировался режим резистентности (предельно допустимая нагрузка), который зависел от повышения газообразных потерь углерода (поток Н-М). В аномальные 2002 и 2004 гг. на почве DF1 формировался режим адаптационного истощения (критическая нагрузка), связанный со снижением и минерализации, и рециркуляции углерода, тогда как на почве D был режим резистентности. В сравнительно благоприятные 2010–2013 гг. на обеих почвах агроэкосистемы функционировали в режиме стресса. В эти годы отсутствие негативного воздействия фторидов на почве DF1 было связано с постепенным их снижением в почве за последние годы мониторинга [12]. Более высокое содержание водорастворимых фторидов в почве DF2 повышало нагрузку на агроэкосистему до уровня предельно допустимая. В засушливом 2015 г. негативное

воздействие загрязнения на почве DF2 особенно повышалось (критическая нагрузка в пару). Результаты свидетельствуют, что интегральная оценка в отдельные годы 19-летнего мониторинга демонстрирует зависимость режима функционирования агроэкосистемы одновременно от воздействия современных климатических факторов и техногенного загрязнения почвы на их фоне.

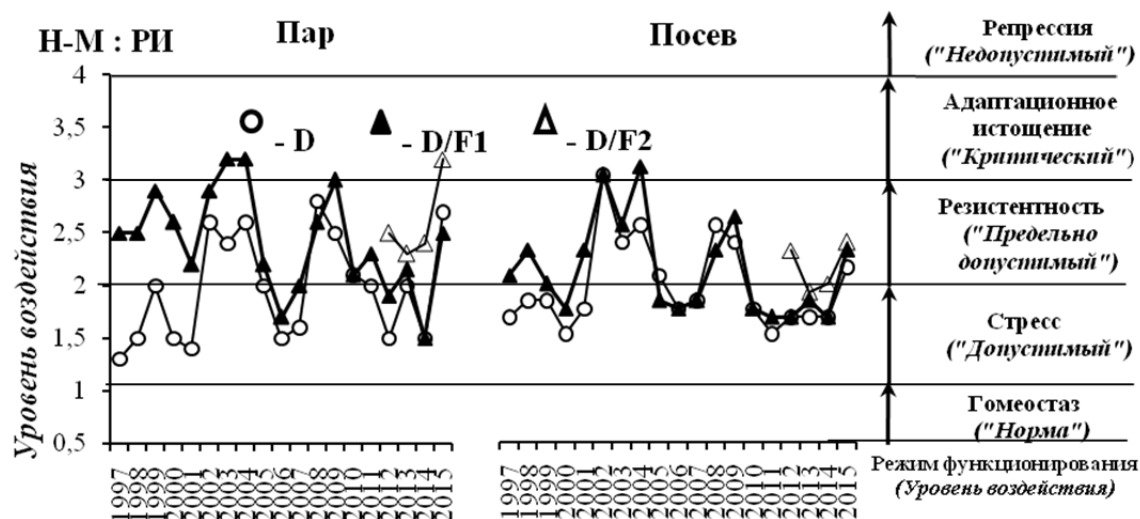


Рис. Мониторинг функционирования и нагрузки на агроэкосистемы в зависимости от гидротермических условий в разные годы и загрязнения почв фторидами

Таким образом, в единственном для Сибири длительном агроэкологическом мониторинге впервые на экосистемном уровне проведена интегральная оценка режима функционирования и состояния агроэкосистем, которая не имеет аналога и демонстрирует зависимость от экологической нагрузки. На фоне изменения климатических факторов выявлено повышение негативного воздействия техногенного загрязнения почв на функционирование и состояние агроэкосистем, характеризующее адаптивный потенциал и биосферные функции почвенного микробного комплекса. Оценка состояния агроэкосистем на преобладающей в земледелии лесостепи Байкальского региона агросерой почве свидетельствует, что загрязнение следует оценивать как антропогенный фактор, действие которого усиливается в аномальные по гидротермическим условиям годы. Повышение эмиссии CO_2 , способствующее ее поступлению в атмосферу, указывает и на деструкцию органического вещества в загрязненной фторидами агросерой почве.

Работа выполнена по грантам РФФИ (03-04-49450-а, 05-04097206-р_Байкал_а, 08-04-98042-р_Сибирь_а, 12-04-98054-р_сибирь_а, 14-05-00735-а, 14-45-04040-р_сибирь_а).

Литература

1. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Глобальные изменения климата и их последствия для России. М. : РООУППГ, 2002. С. 9–39.
2. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экологический подход. М. : Наука, 2000. 185 с.
3. Заварзин Г. А., Кудеяров В. Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестн. РАН. 2006. Т. 76. С. 14–29.
4. Замолодчиков Д. Г. Естественная антропогенная концепция современного потепления климата // Вестн. Рос. акад. наук. 2013. Т. 83, № 3. С. 227–235.
5. Глобальные изменения климата и почвенный покров / В. Н. Кудеяров, В. А. Демкин, Д. А. Гиличинский, С. В. Горячкин, В. А. Рожков // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1027–1042.
6. Кудеяров В. Н., Курганова И. Н. Дыхание почв России: анализ базы данных, многолетний мониторинг, общие оценки // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1112–1121.
7. Мохов И. И., Карпенко А. А., Стотт П. А. Наибольшие скорости регионального потепления в последние десятилетия с оценкой роли естественных антропогенных причин // Докл. АН. 2006. Т. 406, № 4. С. 538–543.
8. Наумов А. В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.
9. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Общее резюме. РОСГИДРОМЕТ, 2008. 28 с.
10. Помазкина Л. В. Интегральная оценка влияния техногенного загрязнения и климатических факторов на агроэкосистемы Байкальской природной территории // Успехи соврем. биологии. 2011. Т. 131. № 2. С. 193–202.
11. Помазкина Л. В. Новый интегральный подход к оценке режимов функционирования агроэкосистем и экологическому нормированию антропогенной нагрузки, включая техногенное загрязнение почв // Успехи современной биологии. 2004. Т. 124, № 1. С. 66–76.
12. Помазкина Л. В. Мониторинг эмиссии CO₂ и содержание микробной биомассы в агроэкосистемах на серой лесной почве Прибайкалья в условиях загрязнения фторидами // Почвоведение. 2015. № 8. С. 1–15.
13. Anderson T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality // Agric. Ecosyst. Environ. 2003. Vol. 98. P. 285–293.
14. Wardle D. A., Parkinson D. Interactions between microclimatic variables and the soil microbial biomass // Biology and Fertility of Soils. 1990. Vol. 9. P. 273–280.
15. WMO. Greenhouse Gas Bulletin. 2008. N 4. 4 p. URL: <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/GHGbulletin.html>

CARBON TRANSFORMATION IN FOREST STEPPE AGROECOSYSTEMS OF BAIKAL REGION UNDER CURRENT CLIMATIC CHANGES AND TECHNOGENIC POLLUTION OF AGRO-GRAY SOIL

Pomazkina L. V.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Agroecological monitoring (1997–2015) was focused on the impact of agrogray soil pollution with fluorides on carbon transformation and agroecosystems functioning at the background of present day climatic changes. Climate changes compared to “climatic norm” (WMO) revealed air temperature increase, which correlated with CO₂ emission unlike carbon of soil microbe biomass (Cmic). Systemic analysis of carbon transformation results demonstrated negative influence of the environment on individual components and on carbon flow integrated state of agroecosystems (soil-microorganisms-plants-atmosphere) in anomalous years. Modes of agroecosystems functioning and environmental load was evaluated by the proportion of flows of net-mineralized and (re)immobilized (N-M:RI) carbon. Changes in the state and development of agroecosystems as a function of environmental factors are discussed.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОЧВ ПРИАНГАРЬЯ

Плясун Е. Д., Бережных Ю. В., Лопатовская О. Г.

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, Иркутск
ya-na-ya-ru@yandex.ru; juliapixell@gmail.com; lopatovs@gmail.com

С начала существования геоинформационных систем (ГИС) выделяют три основных этапа в их развитии: пионерный период – создание ГИС-программ, основным назначением которых было налогообложение; государственных инициатив, когда создавались институты для разработки геоинформационных технологий; коммерческого развития – что связано с необходимостью усовершенствования системы, решением многофункциональных задач, созданием функциональных программ для персональных компьютеров [10].

Использование в картографии ГИС-технологий становится обыденным явлением, так как они уже широко используются для составления геоботанических, геоморфологических, ландшафтных и почвенных карт. Этому благоприятствует совершенствование программного обеспечения и расширение возможностей дистанционного зондирования [3].

Геоинформационное картографирование (ГК) – это автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний, суть которого составляет информационно-картографическое моделирование геосистем [2].

В последнее время в картографии активно развиваются методологические и технологические аспекты новой отрасли картографии – геоинформационного картографирования. Электронные практически заменили методы аналогового создания карт, а инструментами создания электронных карт и баз данных выступают географические информационные системы (ГИС) [1]. ГИС-технологии позволили создавать электронные варианты карт, новые тематические слои и карты, наполнять их базами данных, легендами, проводить мониторинг земель и делать прогнозы. К сожалению, большинство почвенных карт и данных по почвенному картографированию находится в печатном варианте, многие карты находятся в единственном экземпляре в архивах и недоступны для общего пользования, поэтому перевод бумажных карт в электронные варианты и создание баз данных является актуальным.

Объектом исследования являются почвы Нукутского района и Черемховского районов Иркутской области. Основными почвами являются дерново-карбонатные почвы, сформированными преимущественно на карбонатных породах верхнего кембрия; серые лесные почвы на юрских и остаточнокорбонатных отложениях; черноземы на делювиальных и лессовидных породах [4].

В основу работы положены методы: почвенно-картографический – как метод научного исследования, где карта выступает как модель изучаемого объекта и промежуточное звено между объектом и исследователем. Содержание поч-

венной карты представлено в ГИС в виде разных слоев. Для их привязки и хранения используются разные методы – растровый и векторный [7]; метод геоинформационного картографирования с использованием ГИС-программы: MapInfo Professional 9.5. В ней составлялась атрибутивная база данных. ГИС-технологии дают возможность пространственного представления почвенного покрова в виде электронной карты и создания атрибутивной базы пространственно-распространенных данных [8; 11].

MapInfo Professional – географическая информационная система, предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных. Благодаря своей простоте, богатому функционалу, удобному интерфейсу MapInfo Professional является одной из самых распространенных ГИС [11] и высокоэффективным средством для визуализации и анализа пространственной информации [9; 6].

Наша работа в программе MapInfo Professional начиналась с привязки отсканированной почвенной карты, путем ее регистрации. Регистрация осуществлялась добавлением контрольных точек на гидросеть и на растровое изображение. Контрольные точки ставились вдоль изгиба рек и озер по всей карте максимально точно, чтобы изображение не исказилось. Следующим шагом было создание почвенных контуров. С помощью специального инструмента – «Полилинии», были оцифрованы все почвенные контуры. Эти контуры представляли собой линейные объекты. Для дальнейшей работы они переводились в площадные объекты. Для этого создавался новый слой, в котором все контуры были переведены в почвенные полигоны (рис. 1).

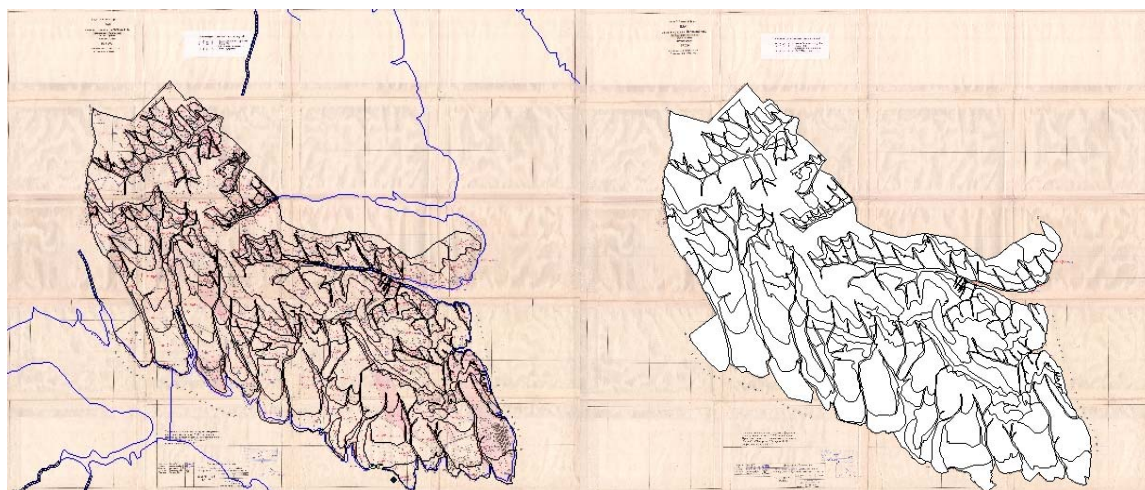


Рис. 1. Создание почвенных полигонов

В этом же полигональном слое создавалась база данных. К почвенным полигонам добавлялись почвенные индексы, чтобы каждая строка в базе данных соответствовала почвенному контуру, и они были связаны между собой.

Тематическая картография – это процесс оформления карты в соответствии с какой-либо темой. Основой служат данные из таблиц. Тематика представляется в виде зависящих от данных оттенков, цветов, штриховок, столбчатых и круговых диаграмм, а также поверхностей. После создания тематической

карты составлялся отчет с добавлением легенды, названия карты и масштабом. Данный отчет выводился на печать, либо сохранялся в растровом изображении, так как любую информацию из MapInfo Professional можно перенести в отчет, изменить размеры и расположение на листе и тем самым добиться наиболее выразительного графического представления данных. База данных – это совокупность информации, организованная так, чтобы доступ к ней во время работы на компьютере был удобен.

С помощью инструмента «Информация» вводились названия почвенных контуров, указанные на растровом изображении и вносились названия почв на почвенных полигонах в таблицу. Это делается для того чтобы строки в базе данных соответствовали почвенному контуру, поскольку программа MapInfo Professional позволяет переводить атрибутивные данные в формат Microsoft Excel (рис. 2).

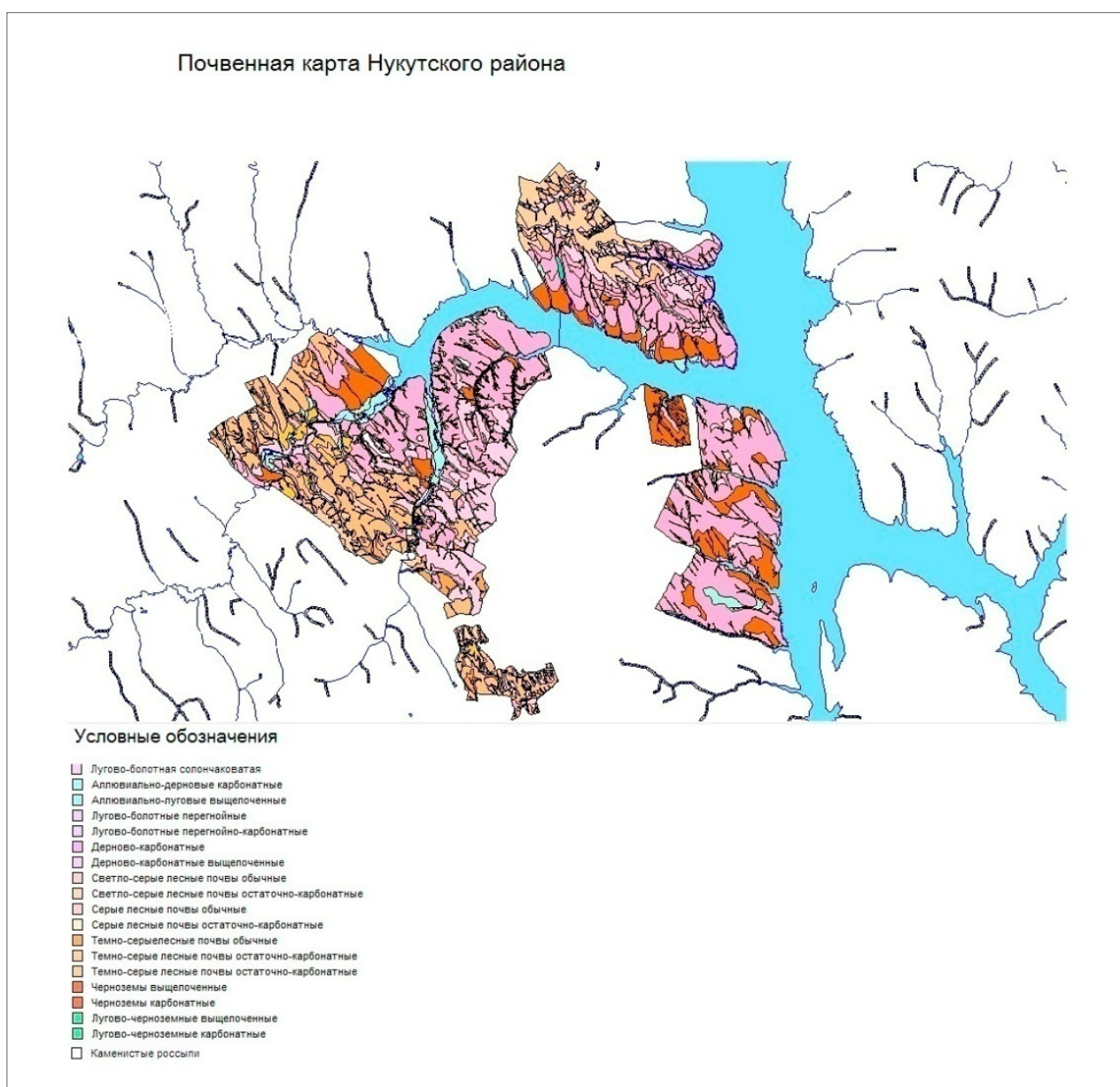


Рис. 2. Почвенная карта Нукутского района

До XX в. картографирование было более трудоемким, почвенные карты были недолговечны и ограничены в использовании. С развитием ГИС-технологий появились новые возможности в почвоведении и картографии, что позволило переводить старые бумажные карты в электронный вариант, создавать к ним БД, дополнять и изменять информацию. Современное ГИС-картографирование почв опирается на информацию, содержащуюся в космических снимках высокого разрешения, данных дистанционного зондирования и возможность точной географической привязки к местности.

Созданная, с помощью ГИС-программы MapInfo Professional почвенная карта является более точной, так как связана с системой координат, в отличие от бумажной версии. Она позволяет в любое время дополнять и изменять почвенные данные. На ее основе можно создать ряд других почвенных карт.

Обработаны и приведены к единообразию текст, таблицы, рисунки в общем объеме более 1300 страниц. Данное исследование целесообразно использовать для мониторинга сельскохозяйственных земель Предбайкалья, а результаты работ будут храниться в фондах Музея почвоведения им. И. В. Николаева и использоваться в учебном процессе.

Литература

1. Jones C. Geographical Information Systems and Computer Cartography. Longman Limited, 1997. 319 p.
2. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. М., 1997. 64 с.
3. Воробьева Г. А. Картография почв: Основы крупномасштабного картографирования и методические материалы к имитационно-обучающему тренингу по созданию почвенных карт Прибайкалья и пояснительных записок к ним : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. 189 с.
4. Почвы Нукутского района Иркутской области и их использование / К. Комаров, В. Мельников, А. Козец, Р. Жуковская, Е. Гусева ; М-во сельского хозяйства, Иркут. отд-ние Ин-та «Росгипрозем», 1974. 82 с., Рукопись.
5. Лопатовская О. Г. Самойлова Е. А. ГИС в картографии почв. Использование программы MapInfo Professional в почвенном картировании [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / [под ред. А. А. Сорокового]. Электрон. текст. дан. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2015.
6. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебник. 2-е изд., испр. М. : КДУ, 2010. 424 с.
7. Геоинформационное картографирование (ГК) [Электронный ресурс]. URL: <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0133948>.
8. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации – Картографический метод исследования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gisa.ru/13275.html> (дата обращения: 15.04.16)
9. ГИС MapInfoProfessional 10.0 – Онлайн-каталог товаров и услуг – АСПЕКТ СПб [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aspectspb.ru/catalog/sx/nomn/226389.html>.
10. История развития геоинформационных систем [Электронный ресурс]. URL: <http://e-lib.gasu.ru/eposobia/gis/2.html>.
11. Методы изучения почв [Электронный ресурс] URL: <http://www.activestudy.info/metody-izucheniya-pochv/>
12. MapInfo [Электронный ресурс]. URL: <http://gistechinik.ru/programm-gis/mapinfo.html>.

USING OF GIS-TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF SOIL PRIANGARIE

Plasun E. D., Beregnich Y. V., Lopatovskaya O. G.

Irkutsk State University, Irkutsk

ya-na-ya-ru@yandex.ru; juliapixell@gmail.com; lopatovs@gmail.com

Created by -Programs MapInfo Proffesional soil map is more accurate than the paper version. It allows at any time to supplement and change the soil data. On the basis of the electronic map, you can create other soil maps.

This study should be used for the monitoring of agricultural land in the Baikal Region.

ПОЧВА КАК КОМПОНЕНТ ФИТО-ОЧИСТНЫХ СИСТЕМ

Рыбка К. Ю.

Институт водных проблем, Москва, kseniarybka@gmail. com

Фито-очистные сооружения (ФОС) представляют собой искусственные системы очистки сточных вод с компонентами природных экосистем. Тремя базовыми компонентами ФОС являются вода, твёрдый субстрат (загрузка или фильтрующая среда) и высшие растения-макрофиты (рис. 1). Эти компоненты находятся в тесной взаимосвязи между собой и подбираются индивидуально в процессе проектирования ФОС с целью создания оптимальной среды для развития бактериального сообщества, которое и играет ключевую роль в разложении загрязнителей.

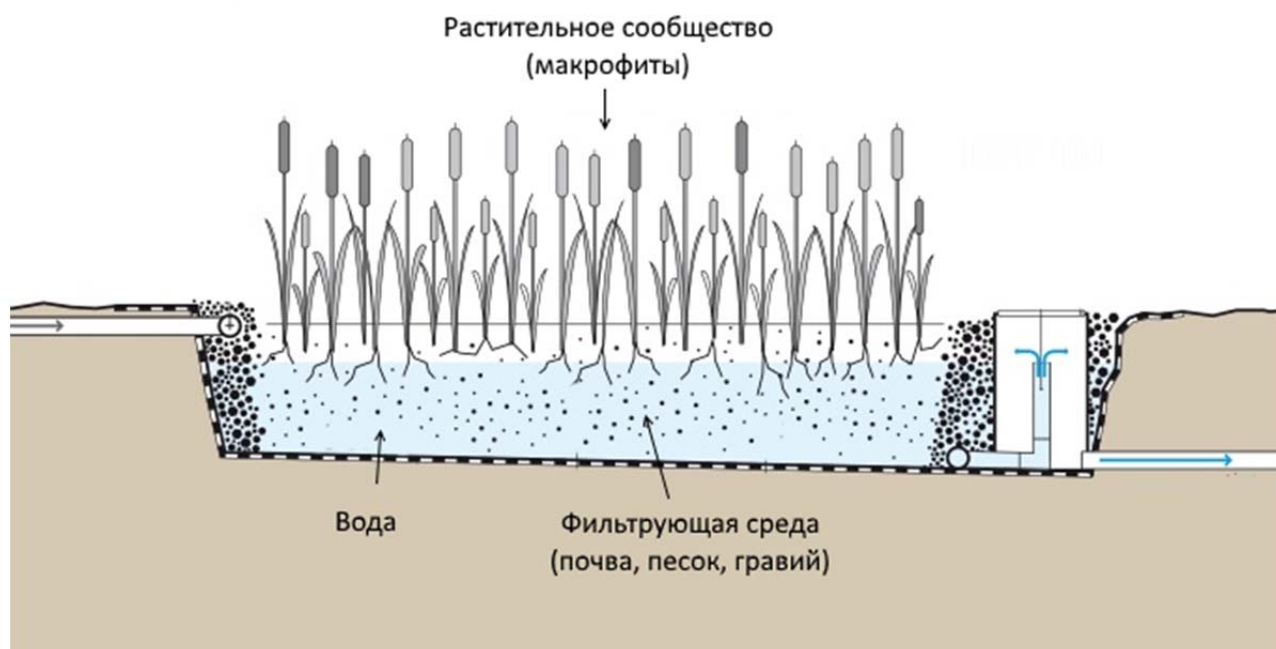


Рис. 1. Принципиальная схема ФОС

Субстратом в ФОС, как правило, является песок, гравий, галька, органические субстраты (например, компост) или почва. Последняя представляет особый интерес в качестве субстрата.

Почва как компонента ФОС может выполнять следующие функции:

- механическая очистка фильтруемых через неё слоёв воды;
- регулировка скорости движения воды в ФОС и, соответственно, времени удержания (особенно для ФОС с вертикальным потоком);
- обеспечение субстрата для роста и развития растений, микроорганизмов и животных-гидробионтов;

- предоставление благоприятной среды для протекания биохимических процессов очистки сточных вод (нитрификации, денитрификации, аммонификации и др.);
- активное участие в биохимических процессах функционирования ФОС (формирование окислительно-восстановительного режима, накопление и разложение органического вещества, регулирование pH и др.);
- выполнение роли локального геохимического барьера или буфера, аккумулирующего загрязняющие вещества;
- в некоторых случаях почвы также предотвращают активную инфильтрацию стоков в подземные воды, равно как и затопление ФОС последними.

Основными критериями выбора почвы для ФОС являются её емкость катионного обмена (ЕКО), pH, электропроводность, структура и содержание органического вещества. Эти показатели являются также главными показателями при проведении производственного мониторинга при эксплуатации ФОС.

Кислотность почвы влияет на доступность и удержание тяжелых металлов, комплексных соединений и биогенных элементов. Наиболее оптимальным интервалом pH для ФОС является 6,5–8,5 [2]. Электропроводность определяет способность растений и микроорганизмов утилизировать загрязняющие вещества, поступающие в ФОС. При этом благоприятной считается электропроводность не более 0,4 См/м. Удельная поверхность почвы и поверхностный заряд частиц важнейшим образом определяют химическую активность почв. Большая часть почвенных коллоидов имеет отрицательный заряд, что приводит к наличию в ППК множества точек обмена для таких катионов как Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} и Mn^{2+} . Как правило, при проектировании ФОС рекомендуется использовать почвы с ЕКО не менее 15 мг-экв./100 г [2]. В некоторой степени представляют интерес почвы с высоким содержанием обменного алюминия – они обеспечивают эффективную очистку от фосфора [1].

Важнейшим химическим свойством почвы с точки зрения очистки стоков от азота и фосфора является окислительно-восстановительный потенциал. Для процессов переработки нитратов и аммония необходимы восстановительные условия среды (равно как и для удаления железа и магния, которые в больших количествах содержатся в шахтных водах). Разложение органического вещества (ОВ) в почвах всегда сопровождается поглощением кислорода из сточных вод, за счет чего формируются анаэробные зоны, необходимые для протекания процессов денитрификации и анаммокса (главных процессов удаления азота). Таким образом, проектируя ФОС, необходимо определить скорости разложения ОВ в закладываемых почвах, и рассчитать содержание растворенного кислорода в формируемых зонах с недостатком кислорода.

Ещё одним определяющим свойством почв ФОС является порозность, влияющая на способность почвы удерживать загрязняющие вещества. Гидравлическая проводимость песчаных или гравийных почв велика, в то время как глинистые и суглинистые почвы обеспечивают намного большее время контак-

та загрязненной воды с почвенной средой и могут формировать зоны с большим временем пребывания.

Что касается содержания органического вещества, то его концентрация должна быть достаточной для питания высших растений и бактериального сообщества, особенно на начальных стадиях формирования ФОС и в периоды активной вегетации. Часто при строительстве ФОС используются местные почвы, в которые вносятся органические удобрения или предварительно очищенные осадки сточных вод (в качестве источника органического вещества). Однако продуцирование органического вещества происходит в системе и самостоятельно за счет фотоавтотрофов, как результат функционирования ФОС. Помимо благоприятного воздействия на растительность, органическое вещество способствует денитрификации, сульфатредукции и ионной сорбции.

Наконец, структура почвы оказывает влияние на развитие корневых систем растений ФОС и удержание загрязняющих веществ. Лёгкие песчаные почвы, хоть и благоприятны для роста корней, однако обладают низкой способностью удерживать поллютанты. Поэтому в ФОС часто используются суглинистые почвы, мягкие и рыхлые. Почвы с высоким содержанием глинистых частиц повышают эффективность работы ФОС по фосфору и могут использоваться в ФОС, куда поступают сельскохозяйственные и бытовые стоки, богатые биогенными элементами [3], однако часто такие почвы являются слишком плотными и бедными для поддержания активной вегетации.

Физические и химические свойства почвенных субстратов в ФОС обусловлены в первую очередь их гидроморфностью. Особый интерес с этой точки зрения представляют почвы ФОС с периодической (пульсирующей) нагрузкой. При затоплении газовая фаза в поровом пространстве таких почв замещается водой, а воздух, оказавшийся запертым, поглощается аэробными почвенными микроорганизмами в процессе метаболизма. Так как кислород поглощается быстрее, чем происходит пополнение его запасов путём диффузии из атмосферы, в таких местах образуются аноксидные и анаэробные зоны. Подобный водно-воздушный режим почв ФОС обеспечивает необходимые условия для утилизации азотсодержащих солей и металлов.

Таким образом, при подборе почвы для ФОС необходимо учитывать основную причину загрязнения стоков, предполагаемый тип ФОС, а также условия окружающей среды. В случае использования местной почвы, необходимо проводить анализ её гидравлической проводимости, структуры, pH, электропроводности, содержания органического вещества и других физических, химических и биологических свойств последней.

Литература

1. DuPoldt Carl et. al. Handbook of Constructed Wetlands: General Considerations: Vol. 1. USA, 1995. P. 29.
2. Brix H., Arias C. A., del Bubba, M. Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands / Water science and technology. December 2001, 44 (11–12), pp. 47–54.
3. Small Subsurface Flow Constructed Wetlands with Soil Dispersal System. Ohio EPA, Division of Surface Water Revision 0, November 5, 2007.

SOIL AS A COMPONENT OF CONSTRUCTED WETLANDS

Rybka K. Y.

Water Problems Institute, Moscow, Russia, kseniarybka@gmail.com

The three main components of constructed wetlands are water, filtering media (substrate) and vascular plants. These components are closely related to each other and are selected individually during design of constructed wetland in order to create optimal conditions for the development of the bacterial community, which plays the key role in the process of pollutants decomposition. Wetland substrates can be represented by sand, gravel, rock or soil organic compounds. Soil as a substrate for constructed wetlands performs the following functions: mechanical filtration of impurities, regulation of flow velocity, creating a media for plants and microorganisms development, creating media for biochemical processes and acting it these processes by itself, playing a role of a local geochemical barrier, preventing constructed wetland from flooding by the groundwater and vice versa. The main criteria for selection a certain soil are pH, cation exchange capacity, texture, soil organic matter, electrical conductivity and redox potential.

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Самойлова Е. А.

Институт географии им В. Б. Сочавы СО РАН Иркутск kattirka@mail.ru

В настоящее время одним из актуальных перспективных направлений в почвоведении является геоинформационное картографирование. Поскольку картография почв находится в переходной стадии, от периода создания карт на бумажных носителях и традиционного полевого картографирования к периоду создания карт с использованием данных дистанционного зондирования применяя ГИС-технологии [1].

Неотъемлемой частью геоинформационных систем является база данных (БД). База данных позволяет связать атрибутивные данные о почвах с их пространственным распределением, структурой почвенного покрова.

Основной целью исследования стало создания базы данных о физико-химических свойствах засоленных почв Предбайкалья. Объект исследования: засоленные почвы Предбайкалья. Засоленные почвы на исследуемой территории локализуются в южной, наиболее освоенной части, приурочены в основном к поймам и надпойменным террасам рек Унги, Обусы, Осы, Куды, Мурина, Киренги и их притоков, а также вокруг минеральных озер Тажеранской степи Приольхонья и на острове Ольхон [2; 5].

Работа по созданию базы данных проходила в несколько этапов:

1. Сбор, анализ, сортировка данных о засоленных почвах Иркутской области. Один из основных и важнейших этапов при составлении БД. В настоящее время накоплено большое количество информации о почвах, которая находится на бумажных носителях. Для перевода материала в электронный вид его необходимо собрать, обработать и проанализировать. Для наполнения базы данных нами были обработаны и систематизированы данные по почвенным разрезам из опубликованных источников (монографии, отчеты ВостСибГИ-Прозем, дипломные работы, архивы) и почвенных обследований.

2. Составление структуры таблицы. База данных создается в программе Excel, её особенностью является необходимые значения свойств засоленных почв: анализ водной вытяжки, сухой остаток, сумму солей, pH, содержания гипса. База данных для засоленных почв, должна включать три блока: название почвы (тип, вид, род, номер разреза, почвообразующие породы); почвенная привязка (географические координаты, привязка по местности и по растительности); имические свойства (содержание анионов и катионов, сумма солей, гумус, pH); физические свойства (гранулометрический состав, структурный состав и водопрочность) (рис.1).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Y	X	№ разреза	Название почвы	Привязка	Глубина взятия образца, см	Плотный остаток, %	Сумма токсичных солей%	Общая щелочность (НСО ³), ммоль экв/100 г почвы	СГ, ммоль экв/100 г почвы	SO ₄ ²⁻ Общее, ммоль экв/100 г почвы	SO ₄ ²⁻ Токсичное ммоль экв/100 г почвы
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	0-5	0,05	0,02	0,21	0,09	0,04	Нет
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	15-20	0,19	0,05	0,54	0,25	0,29	0,1
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	25-35	0,14	0,02	0,45	0,17	0,14	Нет
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	45-55	0,29	0,1	0,86	0,82	1,7	1,25
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	60-70	1,32	0,4	0,86	1,21	14,57	3,77
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	80-90	1,62	0,8	0,74	1,5	19,08	6,38
53,66	103,294722	223	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть склона, 2 км к востоку от пос. Верхний Мельпихуй, Нукутский р-он.	110-120	1,72	0,6	0,62	0,77	20,56	8,02
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	0-7	0,18	0,05	0,71	0,25	0,15	Нет
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	7-18	0,18	0,04	0,79	0,3	0,15	Нет
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	20-30	0,14	0,05	0,54	0,3	0,13	0,06
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	35-42	0,13	0,06	0,58	0,3	0,19	0,11
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	45-55	0,12	0,05	0,86	0,24	0,08	0,08
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	60-70	0,12	0,06	0,82	0,29	0,11	0,11
53,3616667	103,888056	397	Лугово-черноземная солончаковатая	нижняя часть пологого склона, 1,5 км к ЮЗ от пос. Лузгина, Осинский р-он.	90-100	0,13	0,07	0,82	0,29	0,2	0,2
53,9611111	106,121111	2	Лугово-черноземная солончаковатая	первая надпойменная терраса р. Анг. 16 км от пос. Качут, с-з "Ленский", Качутский р-н.	0-10	1,7	0,82	0,72	0,32	25,24	24,92
53,9611111	106,121111	2	Лугово-черноземная солончаковатая	первая надпойменная терраса р. Анг. 16 км от пос. Качут, с-з "Ленский", Качутский р-н.	10-25	2	0,62	1,04	0,32	26,53	26,21
53,9611111	106,121111	2	Лугово-черноземная солончаковатая	первая надпойменная терраса р. Анг. 16 км от пос. Качут, с-з "Ленский", Качутский р-н.	25-50	1,2	0,6	0,68	0,2	14,12	13,92
53,9611111	106,121111	2	Лугово-черноземная солончаковатая	первая надпойменная терраса р. Анг. 16 км от пос. Качут, с-з "Ленский", Качутский р-н.	50-75	0,77	0,51	0,68	0,28	9,67	9,39
53,9611111	106,121111	2	Лугово-черноземная солончаковатая	первая надпойменная терраса р. Анг. 16 км от пос. Качут, с-з "Ленский", Качутский р-н.	75-100	0,7	0,42	0,72	0,32	7,27	6,95
53,9611111	106,121111	2	Лугово-черноземная солончаковатая	первая надпойменная терраса р. Анг. 16 км от пос. Качут, с-з "Ленский", Качутский р-н.	100-145	0,98	0,74	0,8	0,36	12,58	12,22
53,4066667	103,848056	76	Лугово-черноземная солончаковатая	верховья долины р. Осы	0-10	0,62	0,31	1,44	6,12	0,52	0
53,4066667	103,848056	76	Лугово-черноземная солончаковатая	верховья долины р. Осы	20-30	0,19	0,02	1,08	0,18	0,48	0,3
53,4066667	103,848056	76	Лугово-черноземная солончаковатая	верховья долины р. Осы	32-43	0,15	0,003	1	0,09	0,21	0,12
53,4066667	103,848056	76	Лугово-черноземная солончаковатая	верховья долины р. Осы	55-65	0,13	0,04	0,9	0,23	0,64	0,41

Рис. 1. Фрагмент базы данных засоленных почв Предбайкалья

3. Поиск координат и привязка почвенных разрезов засоленных почв. Используя описание местоположения почвенного разреза, в серверах Google Maps вычисляли координаты пространственного расположения разреза и заносили в таблицу Excel. Вычисленные координаты почвенных разрезов находятся в градусах, минутах и секундах. Для корректного создания точечных объектов в MapInfo Professional их пересчитывали в той же программе в десятичные градусы. По полученным географическим координатам привязывали табличные данные почвенных разрезов на исследуемой территории. В результате мы получили данные в таблице, характеризующие свойства, названия почв, привязки и пространственное расположение почвенного разреза (рис. 2).

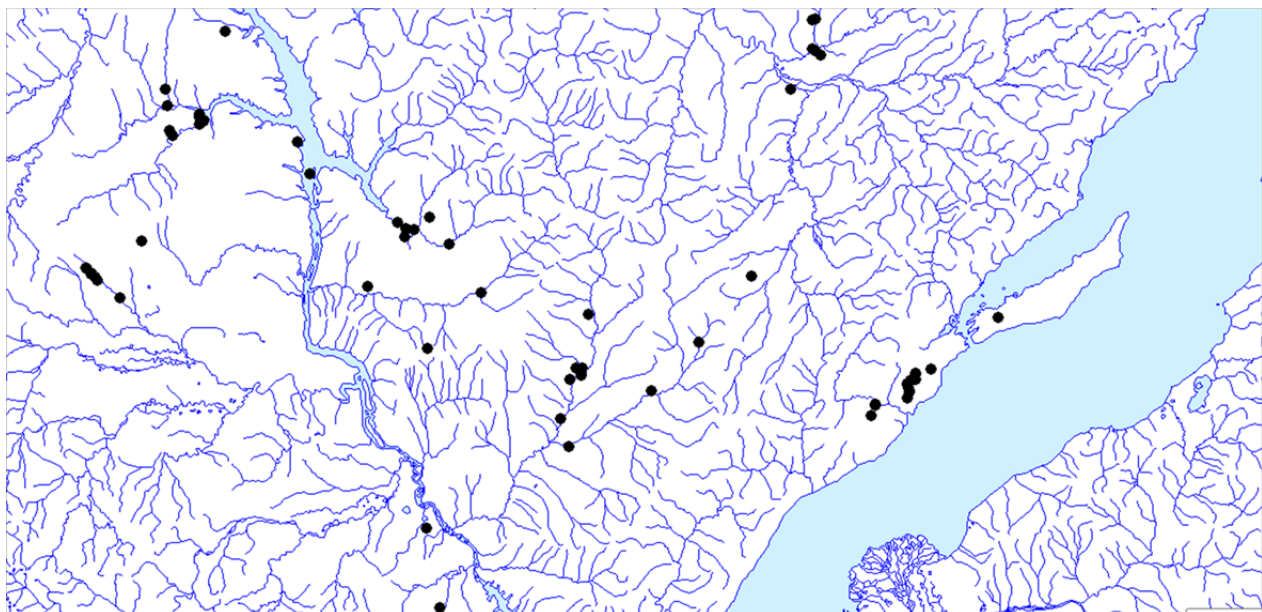


Рис. 2. Почвенные разрезы засоленных почв Предбайкалья

В отличие от бумажных аналогов, электронные карты и БД имеют ряд значительных преимуществ, таких как: изменение визуализированной и атрибутивной информации; быстрый доступ к данным о физических и химических свойствах засоленных почв; возможность проведения мониторинга за состоянием засоленных почв Предбайкалья в пространстве и во времени.

На территории Тажеранских степей в Приольхоньи ранее была создана база данных по физико-химическим свойствам засоленных почв [3]. Работа над ее созданием проводилась в программе MapInfo Professional. За основу была взята почвенная карта Иркутской области, масштаб 1:500 000. Используя метод дистанционного зондирования земли, на территории выделялись контуры засоленных почв вокруг озер, каждый почвенный контур электронной карты имеет географические координаты и пространственную привязку. Собранные данные почвенных профилей привязывались к картографическому контуру почв. Кроме информации в таблице, БД включала в себя фотографии почвенных разрезов, что позволяло получить более полную картину о состоянии почв [4]. Используя в программе геоссылку, мы получили возможность увидеть фотографию почвенного профиля (рис. 3).

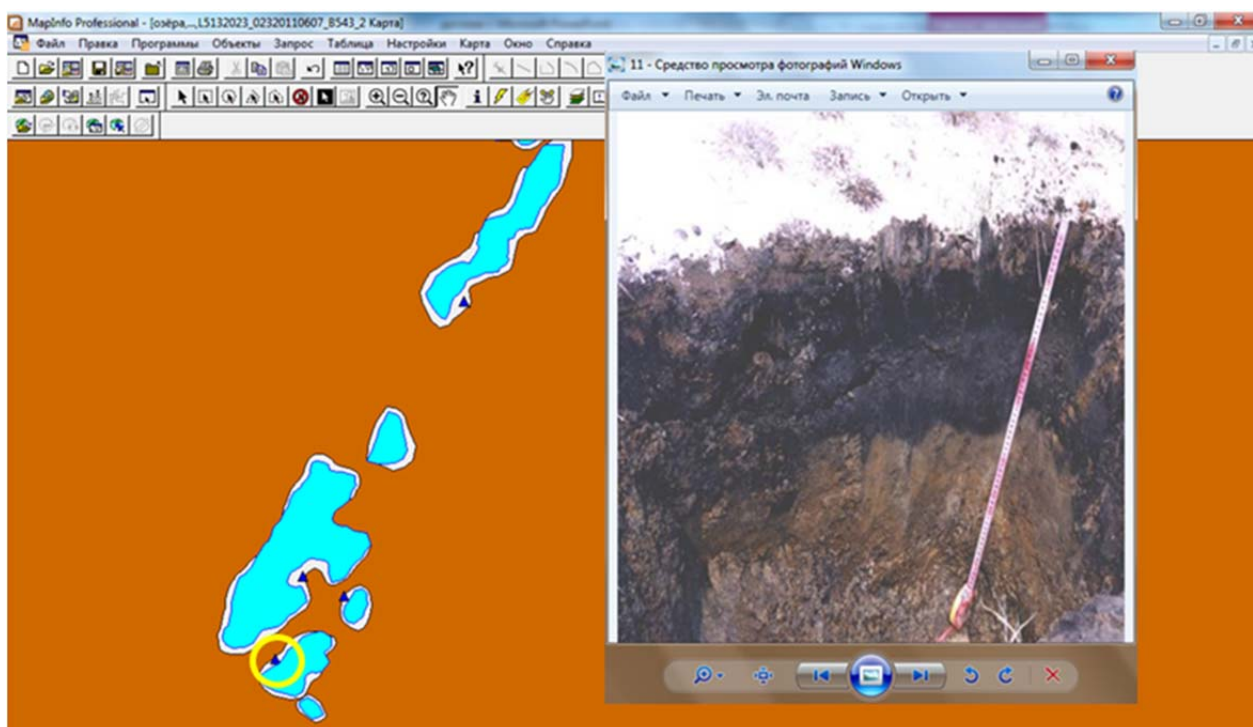


Рис. 3. Геоссылка на фотографию почвенного разреза засоленных почв Приольхонья

Для БД засоленных почв Предбайкалья проводится работа по дополнению ее фотографиями почвенных разрезов, а также схемами почвенных катен и графическим материалом.

База данных предназначена для комплексного изучения засоленных почв в Предбайкалья. Ее целесообразно использовать для мониторинга данной территории в условиях глобальных и региональных климатических изменений. Ее уместно применять в почвенных, географических, ландшафтных, экологических и картографических исследованиях.

Литература

1. Воробьева Г. А. Картография почв: основы крупномасштабного картографирования и методические материалы к имитационно-обучающему тренингу по созданию почвенных карт Прибайкалья и пояснительных записок к ним : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. 189 с.
2. Лопатовская О. Г., Сугаченко А. А. Мелиорация почв. Засоленные почвы : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010. 100 с.
3. Лопатовская О. Г., Самойлова Е. А. Свидетельство о государственной регистрации №2014621359 базы данных «Физико-химические свойства засоленных почв Приольхонья». Дата регистрации в Реестре баз данных: 24 сентября 2014 г.
4. Лопатовская О. Г., Самойлова Е. А. ГИС в картографии почв. Использование программы MapInfo Professional в почвенном картировании [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / [под ред. А. А. Сорокового]. Электрон. текстовые дан. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015.
5. Лопатовская О. Г., Самойлова Е. А., Сороковой А. А. Геоинформационное картографирование засоленных почв Приольхонья. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 72 с.
6. Хисматуллина Ш. Д. Засоленные почвы речных долин Верхнего Приангарья // Тр. 1-й сиб. конф. почвоведов. Красноярск, 1962. С. 298–314.

PRINCIPLES OF CREATION DATABASE OF SALINE SOILS IN BAIKAL REGION

Samoilova E. A.

The V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Kattirka@mail.ru

The database is intended for a comprehensive study of saline soils in Baikal region. It should be used for the monitoring this area in the context of global and regional climate changes. It is appropriate to apply in the soil, geography, landscape, environmental and cartographic studies.

ПРОДУЦИРОВАНИЕ ДИКСИДА УГЛЕРОДА ПОЧВЕННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ В РЕГОСОЛИ

Скосырский Никита

г. Иркутск, МБОУ «Лицей № 3» , lopatovs@gmail.com

В конце прошлого столетия ученые определяли некоторые физико-химические характеристики грунтов, проведены попытки выявить особенности эволюции озерных отложений, но не были выявлены свойства почв и «почвенное дыхание».

Используя современные методы, удастся выявить дыхание микроорганизмов. Учитывая, что почвы содержат большое количество органического вещества различного происхождения, исследования продуцирования диоксида углерода микроорганизмами представляют несомненный интерес. Поэтому мы поставили перед собой цель выявить продуцирование диоксида углерода (CO_2) микроорганизмами из регосоли в условиях эксперимента. В Восточной Сибири регосоли является интразональной почвой. В Приольхонье она встречается среди каштановых почв, солончаков и солонцов на Таготском гидролакколите.

Для выполнения поставленной цели нужно было решить следующие задачи: проанализировать имеющиеся литературные данные по проблеме «почвенного дыхания» (продуцирование CO_2 микроорганизмами), провести исследования «почвенного дыхания».

Эти результаты исследований позволят оценить вклад микроорганизмов, находящихся длительное время в мерзлой почве в общий вклад эмиссии CO_2 на поверхности почвы в Приольхонье.

В результате этих исследований было выявлено что: продуцирование CO_2 микроорганизмами происходит неравномерно. Исследование продуцирования CO_2 по профилю гидролакколита позволило выявить два пика увеличения верхних и нижних слоях почвы. Это связано, вероятно, с тем, что микроорганизмы, обитающие в этих слоях законсервированы многолетней мерзлотой. Кроме того, наибольшее количество CO_2 отмечалось в верхних горизонтах, где сосредоточена основная масса корней. Это хорошо коррелирует с содержанием общего и неорганического углерода. Органический углерод служит основным питательным субстратом для этой физиологической группы микроорганизмов. Падение численности микроорганизмов и уменьшение продуцирования CO_2 в средних слоях, связано, очевидно, с наличием здесь высокого содержания солей, которые угнетают рост гетеротрофов в естественной среде обитания.

РЕСУРСНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СЕЛЕКЦИИ КАРТОФЕЛЯ

Шелоухова Н. А.¹, Данилова Т. А.², Сеницына С. М.²

¹ФГБНУ "Агрофизический научно-исследовательский институт", г. Санкт-Петербург, nsheloukhova@agrophys.ru

²ФГБНУ "Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения", г. Санкт-Петербург – Пушкин, sznmc@spb.lanck.net

Процесс фотосинтеза как одного растения, так и сообщества растений – по сути энергетический процесс. Один из основополагающих законов природы – закон сохранения энергии [4]. Современная биология переходит к энергетическому уровню осмысления биологических процессов [11]. Биоэнергетическая оценка ресурсов земледелия актуальна [7; 12]. Целью данного исследования были ресурсно-экологическая оценка условий экологического сортоиспытания в СЗФО и определение ресурсоэнерго-экономичных сортов.

Материал и методы. Опыты проводили в 5 пунктах Северо-Западного региона РФ (табл. 1): Мурманской ГОСХОС, Архангельском НИИСХ, Карельской ГОСХОС, Ленинградском НИИСХ и Калининградском НИИСХ. Пункты испытаний отличались почвенными и погодными условиями. Для каждого пункта были рассчитаны показатели ресурсно-экологической оценки среды: $E_{\text{овп}}$ – энергопотенциал почвы, $E_{\text{мэп}}$ – энергия подвижных элементов почвы, $E_{\text{нрк}}$ – энергия минеральных удобрений, $E_{\text{фар}}$ – энергия ФАР за вегетационный период, – по методике ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе [1,6]. На основе этих показателей рассчитывали энергопотенциал почвенно-климатических факторов: $\Sigma E = E_{\text{овп}} + E_{\text{мэп}} + E_{\text{нрк}} + E_{\text{фар}}$ (ГДж/га) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика условий вегетации растений в пяти пунктах сортоиспытания

Пункт	Почвенно-климатические факторы							Энергопотенциал почвенно-климатических фак- торов Σ, ГДж/га
	Гумус, %	рН	ГТК	P ₂ O ₅	K ₂ O	Внесено N+P+K кг/га д. в.	Суммарная ФАР за веге- тационный период мДж/м ²	
				мг/100г				
МГОСХОС	3,2	6,1	1,6	20,4	14,5	160	690	9125±184,1
АНИИСХ	2,6	5,7	1,0	25,7	31,0	160	800	9695±131,6
КГСХОС	3,8	5,0	1,7	25,0	25,2	195	872	11198±231,9
ЛНИИСХ	3,4	5,4	1,5	19,3	10,9	171	1100	13162±218,1
КНИИСХ	2.2	5,5	1,7	30.2	31,7	160	1367	15339±411,3

Клубневой материал для опытов ЭСИ в 2001 г. был предоставлен ЛНИИСХ. Объектом исследования послужили 5 сортов картофеля селекции Ленинградского НИИСХ: раннеспелый сорт Белогорский, проходивший с 2003 г. Госсортоиспытание, среднеранние сорта Невский, Елизавета, Чародей и среднеспелый сорт Петербургский. Исследования выполнялись по единой методике [10]. Методика ЭСИ с целью более точной оценки сортов не предусматривала проведение предпосадочной обработки клубней пестицидами и обработки посадок. Площадь делянки 14,7 м². Повторность – четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное.

Результаты и обсуждение. Влияние почвенно-климатического энергопотенциала (Σ, ГДж/га) и метеорологического показателя (гидротермического коэффициента Селянинова, ГТК) на урожайность товарную в ЭСИ было существенным (57,5 %). При оценке энергетической ресурсообеспеченности в опытах с картофелем биоэнергетическая производительность агрофитоценозов Северо-Запада (58°26'N-73°30'N, 27°45'E-66°10'E) с доминирующим видом *Solanum tuberosum* L. зависела и от энергопотенциала ФАР, и от энергопотенциала почвы. Факторы энергии подвижных элементов почвы и энергии ФАР (в ГДж/га) определяли 8–23 % и 2,3–10,3 % изменчивости по признаку урожайности соответственно. Энергопотенциал этих факторов (в среднем по региону от 9000 до 16000 ГДж/га) действовал на урожайность с низкой положительной достоверной корреляцией. В целом северные пункты характеризовались снижением энергопотенциала почвенно-климатических факторов из-за низкого значения ФАР за вегетационный период или из-за технологии выращивания (в Мурманске). Испытываемые сорта картофеля имели высокие технологические качества [3] и среднюю устойчивость к фитопатогенам [13].

Сорта картофеля Невский, Елизавета, Петербургский, созданные в ЛНИИСХ и районированные в 1982–1996 гг., обладая мощным адаптационным потенциалом, включающим горизонтальную устойчивость к фитофторозу, формируют стабильно высокие урожаи на протяжении многих лет в различных регионах Российской Федерации. Они имеют до сих пор большой удельный вес в структуре сортовых посадок культуры и по объему производства оригинального и элитного материала в РФ занимали соответственно 1-е, 5-е и 8-е места [2; 8].

Наибольшая урожайность (в отличие от наилучшей устойчивости) достигалась при значениях почвенно-климатического энергопотенциала 12 400 ГДж/га и выше. В наших опытах урожайность сортов Невский, Елизавета, Петербургский была выше урожайности сорта Белогорский, в среднем по региону (рис.). К возделыванию в регионах с достаточным энергопотенциалом могут быть рекомендованы сорта Чародей и Петербургский, как наиболее ресурсоёмкие. Действительно, сорт Чародей был рекомендован в 2005 г. к выращиванию в Северном, Северо-Западном, Центрально-Чернозёмном, Волго-Вятском, Средневолжском и Северо-Кавказском, т. е. в шести регионах России, в том числе и в самом южном, где высокая энергия ФАР позволяет достичь также высоких значений энергопотенциала среды. Сорт Елизавета формировал хорошую товарную урожайность в региональном испытании от Архангельска до Калининграда и не требовал значительных ресурсозатрат.

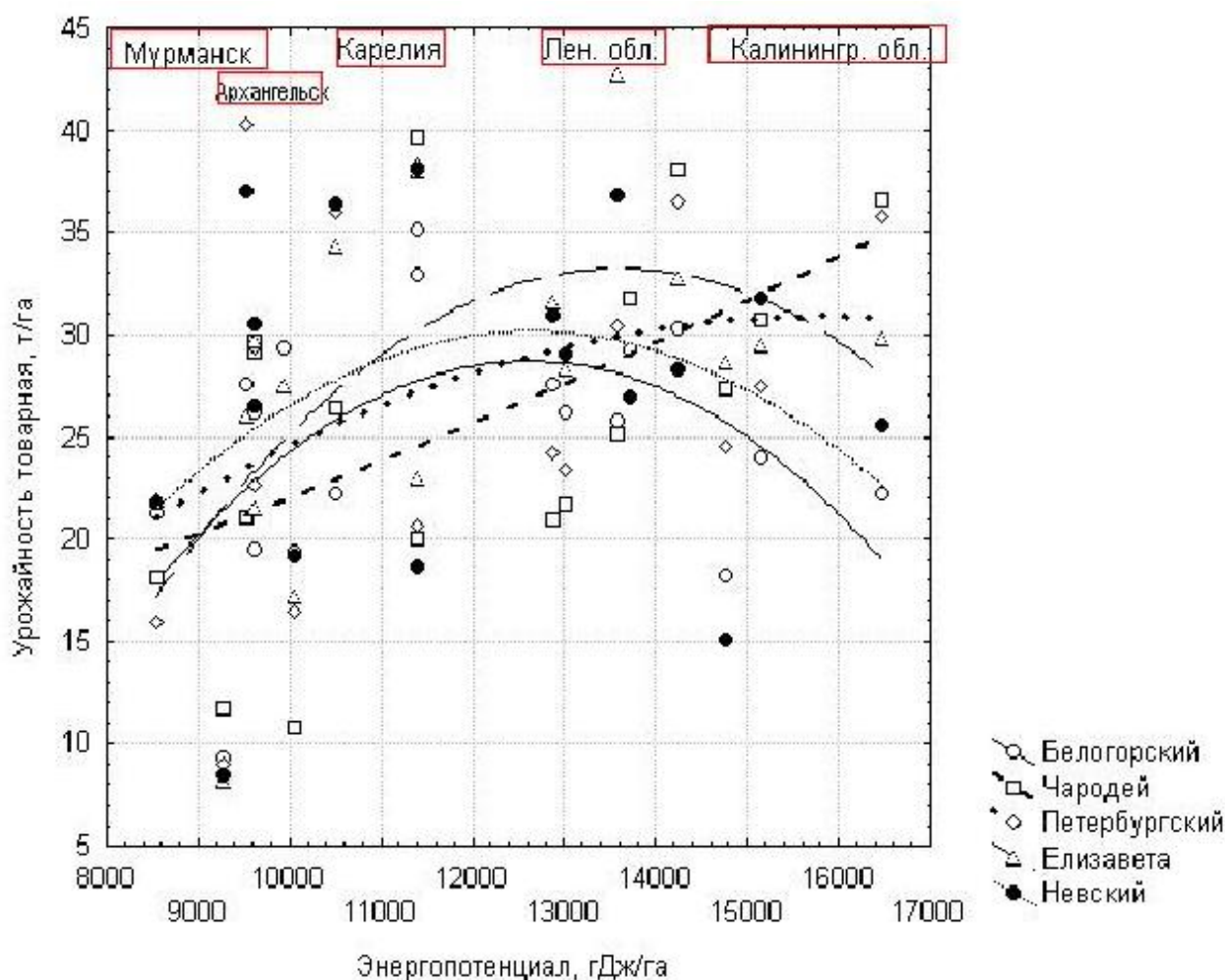


Рис. Линии регрессии урожайности пяти сортов картофеля в зависимости от почвенно-климатического энергипотенциала в ЭСИ 2001–2004гг. в пяти пунктах Северо-Западного региона России

В целом введение ресурсных показателей в селекционную оценку сортов позволяет уточнять рекомендации по использованию сортов внутри региона в тех пунктах, которые не задействованы в испытании, но ресурсно-экологическая оценка среды может быть проведена (учитывая почвенно-климатические и доступные технологические приёмы). Современные методы оценки факторов среды должны быть комплексными, охватывающими наиболее весомые средовые параметры. Новые технологии и сорта, обеспечивающие потребности производства с меньшими ресурсными затратами, будут иметь преимущество в современном АПК. Биоэнергетическая оценка ресурсов продукционного процесса позволяет оценить эффективность систем земледелия, обеспечить ресурсосбережение в растениеводстве. К таким методам относится ресурсно-экологическая оценка среды.

Литература

1. Володин В. М., Ерёмина Р. Ф., Федорченко А. Е., Ермакова А. А. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. Курск, 1999. 47 с.

2. Оценка сортов картофеля Ленинградского НИИСХ в экологическом испытании на Северо-Западе РФ / З. З. Евдокимова С. М., Синицына Т. А., Данилова, Л. Н. Головина, З. П. Котова, А. Г. Красноперов, Н. А. Нелюбина, Н. А. Лыкова // Материалы науч.-практ. конф. «Перспективы развития оригинального, элитного и репродукционного семеноводства картофеля в условиях Европейского Севера РФ», 26–28 июля 2006. Арх. : АНИИСХ, 2006. С. 33–43
3. Котова З. П., Лыкова Н. А. Оценка урожайности среднеранних сортов картофеля в условиях Карелии // Вестн. Россельхозакадемии. 2008. № 3. С. 53–54
4. Либберт Э. Основы общей биологии : пер. с нем. М. : Мир, 1982. 440 с.
5. Лыкова Н. А. Влияние объёма выборки на результаты сортоиспытания картофеля // Вестн. Помор. ун-та. 2006. №3. С. 35–38
6. Масютенко Н. П. Научные основы и методы оценки энергетического состояния почв в агроландшафтах : метод. рекомендац. Курск: ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ, 2004. 60 с.
7. К усовершенствованию теоретических основ формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н. П. Масютенко, Н. А. Чуян, А. В. Кузнецов, Г. М. Брескина, М. Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 8. С. 10–14
8. Симаков Е. А., Анисимов Б. В. О создании банка здоровых сортов, как основы развития оригинального, элитного и репродукционного семеноводства картофеля в России / Материалы к докладу на секции картофелеводства Россельхозакадемии. М., 2004. 32 с.
9. Синицына С. М., Данилова Т. А. Проблемы селекции на Северо-Западе России // АПК – стратегический ресурс экономического развития государства. XXI междунар. Агропром. выставка «АГРОРУСЬ» : материалы междунар. конгресса. СПб : ЭФ-ИНТЕРНЭШНЛ, 2015. С. 155–157.
10. Методические указания по выполнению научных исследований в НИУ СЗНЦ Россельхозакадемии по заданию 17. 01. 03 НТП "Агро Северо-Запад-2005" / С. М. Синицына, З. З. Евдокимова, Т. А. Данилова, Н. А. Стефанова. СПб. ; Пушкин : ВИЗР, 2001. 18 с.
11. Скулачев В. П. Законы биоэнергетики // Соросов. образоват. журн. 1997. № 1. С. 9–14.
12. Lykova N. A. Bioenergetic evaluation of environmental factors in the rapid ecological crop trial // Biochimica et biophysica Acta. 2006. 1757, supplement vol. 14. P. 204
13. Complex diagnostics of Phytopathogens in ecological trial of potato strains / N. A. Lykova, N. A. Danilova, S. M. Sinitsyna, Z. Z. Yevdokimova, L. N. Golovina, Z. P. Kotova, I. I. Kozub, Y. B. Mileyeva // Biotechnology in Agriculture and the Food Industry / ed. by G. E. Zaikov. N. Y. : Nova Science Publishers, 2004. P. 51–61.

RESOURCE AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL AND CLIMATIC PARAMETERS IN POTATO BREEDING

Sheloukhova N. A.¹, Danilova T. A.², Sinitsyna S. M.²

¹ *Agrophysical Research Institute, Russia, nsheloukhova@agrophys.ru*

² *North-West Regional Science Center of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Russia, sznmc@spb.lanck.net*

Scientifically substantiated models of region-adapted potato strains has been developed along with an approach to ecological trials of the most promising selection products providing for express disclosure of the products best adapted to local agrolandscapes. Adaptive characteristics of novel potato strains have been studied using complex diagnostics. An algorithm for express complex data treatment (rapid ecological crop trial, RECT) has been developed and used to determine promising potato strains resistance to environment. Resource and ecological conditions for ensuring the maximum productivity of five potato strains are defined. Stable high productivity was shown by a potato strain Elizabeth.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИАНГАРЬЯ К АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

**Шергина О. В.¹, Михайлова Т. А.¹, Калугина О. В.¹,
Афанасьева Л. В.²**

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
sherolga80@mail.ru

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, afanl@mail.ru

Современная трансформация почвенного покрова и растительности в лесных экосистемах, подверженных антропогенному воздействию, ведет к экологически значимым изменениям окружающей среды. Возрастающий уровень негативного воздействия снижает средообразующий потенциал лесов, поэтому актуальны исследования, позволяющие достоверно диагностировать изменение их состояния, в частности почвенного покрова и растительности [1; 3; 4]. В большинстве современных работ, особенно зарубежных, изучение свойств и процессов почв на антропогенно нарушенных территориях проводится по показателям отдельно взятых почвенных индивидуумов, которые не сопоставляются между собой в пространственном отношении. Предоставленные исследования направлены на изучение связей между морфологическими и геохимическими свойствами серых лесных почв на территории Иркутско-Черемховской промышленной агломерации и выявление особенностей в изменении их устойчивости к антропогенному воздействию. Устойчивость почвы к негативным факторам оценивается по ее буферной способности. Это свойство обусловлено химическим составом, кислотно-щелочными условиями, емкостью почвенного поглощающего комплекса (ППК), содержанием органических веществ и другими параметрами почвы.

Уникальность почвенного покрова территории исследования заключается в том, что в лесных зонах, подверженных антропогенному воздействию (промышленное загрязнение и рекреационная нагрузка), сохранены большие площади естественных почв с унаследованными природными характеристиками и свойствами. Исследования основаны на значительном научном заделе, также ежегодно в рамках экспедиционных работ проводится сбор данных об особенностях морфологии и генезиса почв [2], и в настоящее время коллектив располагает оригинальной коллекцией (более 1500 почвенных образцов из 90 разрезов почв). Научный анализ данных позволил выявить особенности изменения совокупности свойств почв: генетических, морфологических, физических, химических, геохимических, биогеохимических и оценить их устойчивость по уровню буферной способности.

Полученные результаты исследований показали, что физические свойства почв, нарушенных антропогенным воздействием, значительно отличаются от фоновых. Значительно снижены такие показатели, как мощность подстилки и гумусово-аккумулятивной толщи, влажность, пористость, аэрация. В условиях рекреационной нагрузки нередко наблюдается полное уничтожение лесной

подстилки, разрушение структуры дернины и гумусово-аккумулятивных горизонтов. На таких территориях в верхних горизонтах почв увеличивается содержание физической глины (частиц $< 0,01\text{ мм}$) на 35–50 %, плотности сложения (объемного веса) в 2–2,5 раза, плотности твердой фазы (удельного веса) в 1,5–2 раза. Также снижается естественная влажность на 40–60 %, пористость на 40–50 %, аэрация на 50–75 %. При этом, изменения физических свойств почв взаимосвязаны, поэтому происходит нарушение равновесия всей почвенной системы. Так, ухудшение плотности сложения, пористости, аэрации напрямую связано с недостатком водного обеспечения почв ($r = 0,85–0,95$). В условиях интенсивного промышленного воздействия также наблюдается значительное изменение морфологических и физических процессов и свойств, помимо истощения гумусового слоя и утяжеления гранулометрического состава почв, нарушается расположение генетических горизонтов в почвенном профиле, появляются линзы, потеки и прослойки техногенного характера. Наибольшая нарушенность почв наблюдается на территориях, расположенных на удалении 3–5 км от техногенного источника.

Состояние органического вещества почвы в значительной степени определяет ее буферную способность, а значит и устойчивость. Оценка нарушенности органического вещества почв проводилась по ряду показателей: мощности лесной подстилки и гумусово-аккумулятивной толщи, содержанию гумуса и общего азота, эмиссии углекислого газа из верхнего плодородного слоя почв, отношению углерода к азоту, свидетельствующему об интенсивности процесса гумификации. Результаты показали, что нарушение верхних горизонтов приводит к значительному снижению содержания общего углерода (до 4,5 раз) и азота (до 5 раз), к низкому обогащению гумуса азотом (показатель C/N возрастает в 1,2–2,4 раза в сравнении с фоновым уровнем), а также к существенным потерям углерода из почв, о чем свидетельствует высокий уровень эмиссии CO_2 из верхних горизонтов, в 1,6–2,8 раза превышающий фон. На техногенно загрязняемых территориях в органо-аккумулятивных горизонтах обеспеченность гумусом снижена в сравнении с фоновыми значениями более чем в 2,5 раза, общим азотом – более чем в 5,5 раз. Для почв, подверженных как рекреационной, так и техногенной нагрузке, выявлен высокий уровень обратной корреляционной связи ($r = -0,84$) между содержанием общего углерода и эмиссией CO_2 . На фоновых территориях корреляция между этими параметрами прямая. Следовательно, можно говорить о потерях углерода из почв, нарушенных антропогенным воздействием.

При исследовании техногенно загрязненных почв показано, что в большинстве случаев происходит сдвиг реакции среды почвенного раствора в сторону щелочных значений, на фоновых территориях они лежат в диапазоне среднекислых значений – $\text{pH}_{\text{водн.}} 5,2–5,5$. Подщелачивание почв вызывает снижение уровня гидролитической кислотности. В дерновых и гумусово-аккумулятивных горизонтах почв оно оказывает значительное влияние на минеральное питание растений, поскольку происходит снижение миграционной активности ионно-обменных форм большинства элементов. Кроме того, при подщелачивании почв затрудняется распад сложных органических и минераль-

ных веществ до простых соединений, которые являются важным источником питания для растений.

Поскольку при антропогенном нарушении почвенного покрова наблюдается обеднение верхних горизонтов органикой, поэтому увеличение илистой фракции почв и кислотность являются определяющими факторами изменения, как состава, так и суммы обменных катионов в почвах. При исследовании ненарушенных фоновых почв нами установлено, что сумма обменных форм элементов в ППК изменяется в прямой зависимости от мощности лесной подстилки, гумусово-аккумулятивной толщи почв и содержания гумуса ($r = 0,84-0,92$). Тогда как на территориях, нарушенных антропогенным воздействием (промышленное загрязнение и рекреационная нагрузка), выявлены изменения количественного состава обменных катионов и увеличение общей их суммы в сравнении с фоном от 2,5 до 13 раз. В первую очередь это обусловлено преобладанием илистой, обогащенной минеральными соединениями, фракции почв над органической в результате изменения общих физических характеристик почв. На территориях, почвы которых подвержены техногенному загрязнению, в составе обменных катионов доминирует Ca^{2+} . Увеличение содержания обменного кальция обусловлено химическим преобразованием щелочных солей в почвенном растворе до гидрокарбонатов и бикарбонатов в процессе гидролиза. Исследование обменных форм магния в загрязненных почвах показало, что возрастание их уровня (в 2–6,5 раза выше фонового) напрямую связано с увеличением содержания обменных форм кальция ($r = 0,96$). Несмотря на высокую растворимость солей кальция и магния, максимальное их содержание наблюдается в верхних гумусовых горизонтах почв. Процесс активного накопления элементов в верхних горизонтах почв характерен также для обменного калия (до 8 раз) и натрия (до 19 раз выше фонового), что связано с их поступлением на поверхность почвы с промышленными выбросами и пылью. Однако, исследования показали, что дальнейшая миграция обменных форм элементов ППК из верхней части почвенного профиля значительно затруднена в связи с нарушением структуры загрязненных почв и ухудшением физических свойств нижележащих горизонтов. В свою очередь, наличие этих неблагоприятных процессов обуславливает техногенную солонцеватость почв. Результаты свидетельствуют, что на промышленных территориях преобладает сульфатный тип соленакопления.

Оценка устойчивости почв по их буферной способности к антропогенному воздействию рассчитывалась по комплексу кислотно-основных, гумификационных, катионообменных и морфоструктурных показателей. С целью унификации различающихся по размерности показателей они нормировались относительно минимальных фоновых значений. Затем с применением программы нормированного пространства чисел определялась сумма баллов для каждой пробной площади на обследованной территории, и далее – рассчитывалось снижение буферности в баллах. Показано, что на исследуемых территориях высокая антропогенная нагрузка оказывает сильное стрессовое воздействие на экологическое состояние почв. Большая часть обследованных почв – 65 %, характеризуется средней буферной способностью, 25 % – низкой, 10 % – очень низкой. Полученные данные позволяют дать прогноз дальнейшего развития

нарушенности почв, что может проявляться в изменении физических характеристик, потере органического вещества и гумуса, увеличении доли элементов-загрязнителей, дисбалансе состава ППК.

Таким образом, установлено, что комплекс выбранных в ходе исследований взаимообусловленных параметров почв (кислотно-основных, гумификационных, катионообменных и морфоструктурных), определяющих их буферную систему, позволяет не только достоверно оценить степень нарушенности почв на рекреационных и техногенных территориях, но и свидетельствует об изменении их устойчивости к антропогенному воздействию. Полученные результаты могут быть использованы для оценки защитной реакции почв, а также для разработки критериев исследования лесной экосистемы в целом.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект р_сибирь_а № 14-44-04067.

Литература

1. Air Pollution, Global Change and Forests in the New Millennium / D. F. Karnosky [et al.]. USA : Elsevier Science, 2003. 492 p.
2. Manual on Methodologies and Criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air Pollution on Forests. Hamburg, Prague : United Nations Environment Programme and Economic Commission for Europe, 1994. 477 p.
3. Alteration in vital state parameters of Scots pine tree-stands under technogenic pollution / T. A. Mikhailova, O. V. Kalugina, O. V. Shergina, E. N. Taranenko // International Journal of Environment. 2014. Vol. 3, N 4. P. 43–50.
4. Mikhailova T. A., Pleshanov A. S., Afanasieva L. V. Cartographic assessment of pollution of forest ecosystems on the Baikal natural territory by technogenic emissions // Geography and Natural Resources. 2008. Vol. 29. P. 317–320.

ASSESSMENT OF FOREST SOILS RESISTANCE TO ANTHROPOGENIC INFLUENCES IN THE PRIANGARIE REGION

Shergina O. V.¹, Mikhailova T. A.¹, Kalugina O. V.¹, Afanasieva L. V.²

¹*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, sherolga80@mail.ru*

²*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, afanl@mail.ru*

Forest ecosystems state has been studied in the Priangarie region. Indices with high level of mutual correlations pointed to systemic character of forest soils disturbance were detected. It was shown that the key processes in the disturbance were changes in acid-alkaline balance in soil components, increase of migration and accumulation of pollutants in soil, alteration in proportions biogenic elements in soil solution. Indices detected can use as a basis for assessment of state forest soils disturbed by technogenic pollution and recreation load.

БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ЭКСПРЕССНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ*

**Шпедт А. А., Римацкая Н. В., Байгина Е. М,
Степанова Л. В., Кратасюк В. А.**

Сибирский федеральный университет, Красноярск,
shpedtaleksandr@rambler.ru

В связи с прогрессирующей антропогенной нагрузкой на почвы и требованием устойчивого развития территорий, экологические регламенты в землепользовании становятся приоритетом. Необходимы современные производительные, экономически выгодные методики экологической оценки разных категорий земель и информативные комплексные показатели, которые в режиме мониторинга позволят оперативно решать проблемы современного землепользования.

Биолюминесцентные ферментативные биотесты, разработанные для интегральной оценки токсичности природных вод и промышленных стоков, обладают хорошей чувствительностью к разнообразным химическим соединениям, характерным для промышленных сбросов, а также веществам, загрязняющим воду (тяжелые металлы, фенолы, формальдегид, пестициды и т. д.) [4; 5]

Уровень тушения биолюминесценции в реакции, катализируемой биферментной системой НАДН:ФМН-оксидоредуктаза+люцифераза (R+L), пропорционален концентрации токсических веществ. Специальная светорегистрирующая аппаратура – биолюминометры и хемилюминометры – позволяет измерять интенсивность свечения реагента до и после введения неизвестного токсиканта в образцы небольшого объема (0,2–0,5 мл). В качестве показателя биолюминесценции используется величина остаточного свечения (T , %). Время анализа, который можно проводить также и в полевых условиях, обычно не превышает нескольких минут. Полагаем, что данный метод может быть использован для оценки интенсивности загрязнения почв и почвенного покрова.

Цель работы – понять применим ли биолюминесцентный ферментативный биотест для оценки качества почвы, в частности ее загрязнения на примере изучения профиля почв разных видов угодий, отличающихся содержанием гумуса, подвижного азота, фосфора и рН.

Для выполнения исследования в Емельяновском районе Красноярского края были заложены четыре полнопрофильных разреза почв: в ОПХ Минино на целине и пашне; в лесном массиве «Погорельский бор» под сосновым лесом на нерушенной поверхности, а также на вырубке. Наименование почв дано по классификации, на основе субстантивно-генетического подхода [3]. Представлены агрочернозем, серо-гумусовая и дерново-подзолистые почвы. Также для изучения был взят лессовидный, карбонатный суглинок – четвертичные отложения, широко распространенные в центральных и южных районах края. Обра-

зец породы был отобран в черте г. Красноярска в 10м от оживленной автомагистрали.

Образцы почвы для аналитической работы отбирались послойно, из каждого генетического горизонта. Подготовка образцов заключалась в высушивании, измельчении, просеивании через сито 1,0 и 0,25 мм. В почвенных образцах определяли содержание гумуса, нитратного азота, подвижного фосфора, рН солевой и водной суспензий [1], а также величину остаточного свечения T (%), согласно которой выполнена оценка загрязнения почвы: $T > 80\%$ – образец не загрязнен; $50\% < T < 80\%$ – образец загрязнен; $T < 50\%$ – образец сильно загрязнен.

Содержание гумуса в почвах на целине и пашне оценено, соответственно, как очень низкое и низкое (табл. 1). Столь минимальные значения обусловлены деградацией почв, проявляющейся в средней и сильной степени. С глубиной количество гумуса резко падает и исчезает в материнской породе. pH_{KCl} в верхних горизонтах почв нейтральная. pH_{H_2O} в почве на целине меняется с глубиной, от щелочной до сильнощелочной, а в почве пашни она щелочная по всему профилю. По содержанию нитратного азота и подвижного фосфора почвы на целине и пашне, особенно в верхней части профиля, очень сильно контрастируют. Серо-гумусовая почва отличается повышенным содержанием нитратного азота, которое с глубиной резко падает, и стратифицированным распределением P_2O_5 , изменяющимся от повышенных до очень низких значений, а пахотный чернозем имеет высокое содержание подвижного фосфора и низкое – нитратов по всему профилю.

Таблица 1

Химические свойства и величина остаточного свечения почв (ОПХ Минино)

Горизонт, его мощность, см	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	pH _{KCl}	pH _{H2O}	N-NO ₃	P ₂ O ₅	T	Tср
					мг/кг	мг/100г	%	
Отдел аккумулятивно-гумусовых почв. Серо-гумусовая маломощная, слабо гумусированная, среднесуглинистая, сильнодефлированная на легком карбонатном суглинке. Целина. (56°04'40"N и 92°40'15"E)								
AU, 0–35	10–14	1,50	6,80	7,55	14,3	10,8	51,8	84,2
	23–27	1,24	6,95	7,80	13,3	2,8	57,7	
BCA, 35–103	55–60	0,31	-	8,30	2,2	10,7	96,2	
	94–98	0,21	-	8,92	6,2	2,0	94,2	
Cca, 103–123	108–112	0,00	-	8,40	3,0	4,3	121,3	
Отдел аккумулятивно-гумусовых почв. Агрочернозем дисперсно-карбонатный, средне мелкий, средне гумусированный, тяжелосуглинистый, среднедефлированный на карбонатной глине. Пашня. (56°04'43,60"N и 92°40'28,64"E)								
PU, 0–5	0–5	3,50	7,00	8,00	2,4	35,0	33,2	68,7
AU, 5–29	15–25	3,50	7,11	8,00	1,8	32,5	65,4	
BCA, 29–90	45–50	0,52	-	8,30	6,2	8,50	88,5	
Cca, 90–110	95–105	0,00	-	8,25	1,8	9,30	87,5	

Дерново-подзолистые почвы имеют низкое и очень низкое содержание гумуса (табл. 2), что обусловлено генезисом данных почв. По профилю почв содержание гумуса резко убывающее. В почве под вырубкой небольшое содержа-

ние гумуса прослеживается до глубины 120–130 см. Имеет место вымывание гумусовых веществ, что может быть связано с трансформацией гумуса, в результате деградации поверхности почвы при лесозаготовительных работах. pH солевой суспензии изменяется вниз по профилю от нейтральной и слабокислой до сильнокислой. В почве нарушенного участка кислотность существенно выше. Дерново-подзолистые почвы очень плохо обеспечены нитратным азотом. Содержание подвижного фосфора изменяется в разных горизонтах почвы, от низкого до высокого значения.

Таблица 2

Химические свойства и величина остаточного свечения почв (Погорельский бор)

Горизонт, его мощность, см	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	pH _{KCl}	pH _{H2O}	N-NO ₃	P ₂ O ₅	T	Tср
					мг/кг	мг/100г	%	
Отдел текстурно-дифференцированных почв. Дерново-подзолистая типичная, среднемощная, слабо гумусированная среднесуглинистая на супеси. Хвойный лес. (56°22'38,58"N и 92°57'26,49"E)								
AY, 0–55	10–15	1,55	5,90	6,62	3,1	2,5	29,7	58,1
	20–25	0,83	6,20	6,99	2,8	14,0	52,4	
EL, 55–73	60–65	0,31	4,90	6,15	2,4	4,5	68,5	
BT, 73–120	90–95	0,10	4,70	6,75	2,5	2,5	81,8	
Отдел текстурно-дифференцированных почв. Дерново-подзолистая типичная, средне мелкая, слабо гумусированная, среднесуглинистая на супеси. Вырубка в хвойном лесу. (56°22'34,27"N и 92°57'29,45"E)								
AY, 0–22	10–20	2,41	5,00	5,90	2,9	12,5	54,1	79,6
EL, 22–44	25–35	0,55	4,40	5,60	1,8	11,8	77,1	
BT, 44–144	50–60	0,64	3,70	5,40	1,8	6,0	76,8	
	80–90	0,50	4,00	5,70	2,0	9,50	88,8	
	120–130	0,36	4,25	6,20	1,8	16,5	101,4	

Величина остаточного свечения сильно (в 1,9–2,7 раза) изменялась вниз по профилю почв (см. табл. 1, 2). Аккумуляция всевозможных загрязнений, наиболее сильно происходит в верхней части почвы [2], поэтому самые низкие значения остаточного свечения отмечались в верхних горизонтах, при этом пахотный горизонт оказалась наиболее загрязненным.

В серо-гумусовой почве и агрочерноземе с глубины 45–60 см, а в дерново-подзолистых почвах с 80–95 см загрязнения не прослеживалось. Генезис представленных почв разный, однако значение *T* ведет себя похоже, что предполагает универсальность показателя. Вместе с тем, миграция вещества в профиле дерново-подзолистых почв выражена гораздо сильнее, что предполагает и более глубокое распространение загрязняющих веществ.

Из всех представленных почв наиболее чистой оказалась серо-гумусовая почва на целине. Почва пашни оказалась загрязненной. С экологических позиций, распаханная почва находится в худших условиях по причине использования здесь минеральных удобрений и пестицидов. Дерново-подзолистые почвы Погорельского бора также оказались загрязненными.

С глубиной величина T заметно возрастала. Получена положительная, тесная зависимость между величиной остаточного свечения и глубиной взятия почвенного образца (табл. 3). Коэффициент детерминации, отражающий долю влияния признака, составляет 0,67.

Гумусовые вещества могут погашать значение остаточного свечения, показывая ложное загрязнение. Связь между содержанием гумуса и величиной остаточного свечения была тесной и обратной. Наличие гумусовых веществ в почвах усложняет использование показателя T для оценки степени загрязнения. Решение проблемы может быть найдено либо при разбавлении экстрактов почвы до значений, при которых влияние гумусовых соединений будет незначительным. Другим путем решения этой проблемы является поиск люминесцентных ферментативных систем, на которые не влияет присутствие гумусовых соединений в почвенных экстрактах и образцах.

Содержание гумусовых веществ в почвах, конечно, влияет на значение T , но до определенных пределов. Так, при низком содержании гумуса, порядка 0,10–0,50 нижние горизонты почв остаются незагрязненными (см. табл. 1, 2).

Таблица 3

Зависимости между величиной остаточного свечения и свойствами почв

Свойства	n	T	
		$r \pm Sr$	r^2
Глубина взятия образца	20	$0,82 \pm 0,14$	0,67
Гумус	20	$- 0,71 \pm 0,17$	0,50
pH_{KCl}	13	$- 0,72 \pm 0,21$	0,52
pH_{H_2O}	19	$0,17 \pm 0,24$	0,03
N-NO ₃	19	$- 0,23 \pm 0,24$	0,05
P ₂ O ₅	19	$- 0,32 \pm 0,23$	0,10

Примечание: n – объем выборки; $r \pm Sr$ – коэффициент линейной корреляции и его ошибка; r^2 – коэффициент детерминации. Достоверно при $n - 2 = 18$ критическое значение $r_{05} = 0,44$; при $n - 2 = 11$ критическое значение $r_{05} = 0,55$.

Связь между pH_{KCl} и величиной остаточного свечения также была тесной и обратной. Однако, профильное распределение значения pH_{KCl} разное для изученных почв, поэтому делать обобщенное заключение о связи между признаками рано. Можно предположить, что она в определенных пределах, например в интервале от слабокислой до слабощелочной, будет прямой. Зависимости между величиной T и pH водной суспензии, содержанием подвижных элементов питания оказались слабыми и недостоверными.

Лессовидный карбонатный суглинок характеризуется низким содержанием органического вещества, присутствие которого объясняется наличием корней растений, как древесных, так и травянистых. pH_{H_2O} щелочная, что обусловлено присутствием карбонатов. Содержание нитратного азота в породе низкое, а количество подвижных фосфатов высокое. Наличие карбонатов и подвижного фосфора позволяет говорить о минералогическом богатстве почвообразующей породы. В почвообразующей породе фиксировалось загрязнение, что, вероятнее всего, связано с аккумуляцией здесь городских поллютантов.

Таблица 4

Химические свойства и величина остаточного свечения лессовидного карбонатного суглинка
(г. Красноярск, 56°00'38,09"N и 92°46'48,483"E)

Горизонт, его мощность, см	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	pH _{H2O}	N- NO ₃	P ₂ O ₅	T, %
				мг/кг	мг/100г	
Сса, 100–150	120–140	0,31	8,20	3,7	16,8	67,19

Таким образом, биолуминесцентный ферментативный биотест, основанный на использовании биферментной системы R+L, может быть использован для определения загрязнения почвы. Изучение влияния экстрактов разных почв показало, что на результаты биолуминесцентного анализа влияет содержание гумусовых веществ в почвенных образцах, что следует учитывать при пробоподготовке.

Биолуминесцентный экспрессный анализ, позволяющий оценить степень загрязнения почв, может использоваться Центрами лабораторного анализа Росприроднадзора, референтными центрами Россельхознадзора, Государственными центрами и станциями агрохимической службы для ведения государственного экологического, комплексного мониторинга и охраны почв и земель разных категорий.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (проект № 16-14-10115)

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв: Руководство / под ред. А. В. Соколова. М. : Наука, 1975. 656 с.
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М. : ИМГРЭ, 1990.
3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Esimbekova E., Kratasyuk V., Shimomura O. Application of enzyme bioluminescence in ecology // Biochem Eng Biotechnol (Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology). Vol. 144 : Bioluminescence: fundamentals and applications in biotechnology / Gérald Thouand (ed). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. P. 67–109.
5. Kratasyuk V., Esimbekova E. Applications of luminous bacteria enzymes in toxicology // Chemistry & High Throughput Screening. 2015. Vol. 18, Issue 10. P. 952–959.

THE BIOLUMINESCENT ENZYMATIC RAPID BIOASSAY FOR THE ASSESSMENT OF SOILS' POLLUTION

Shpedt A. A., Rymatskaya N. V., Baygina E. M., Stepanova L. V., Kratasyuk V. A.,
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, shpedtaleksandr@rambler.ru

Summary. For an assessment of soils' pollution the bioluminescent enzymatic express bioassay has been proposed. The light emission intensity of the bioluminescence is proportional to concentration of toxic substances in the environment. The residual luminescence (T, %) was used as an indicator of soil' contamination. The strongest pollution was revealed in the top horizons of soils. The T indicator strongly (in 1,9–2,7 times) increases with depth in a soil profile. Results of the bioluminescent analysis were dependent on the humus substances in the soil.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПОЧВ УРБОЭКОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА АБАКАНА

Юдина Е. В.

Министерство промышленности и природных ресурсов Республики Хакасия,
Абакан, elena55555u@mail.ru

Нарастающий процесс урбанизации, сопровождающийся интенсивной хозяйственной деятельностью человека, приводит к формированию урбоэкосистем, когда в сложную многоуровневую организацию природных компонентов включается антропогенный фактор, нарушающий сложившуюся структуру экосистемы и имеющий зачастую ведущее значение в ее развитии. Урбоэкосистема характеризуется созданием новых типов искусственно-созданных систем в результате деградации, уничтожения и (или) замещения природных систем [7].

Город следует рассматривать как целостную систему, для которой характерно специфическое взаимодействие всех природных и антропогенных компонентов окружающей среды, где почва является базовой составляющей.

Существующая тенденция смены научных взглядов на почву с позиций ее использования в качестве «средства производства» и изучение ее только в качестве объекта сельскохозяйственных наук, на позицию рассматривающую почву как природное материальное тело, важнейший компонент биосферы, задействованный в обеспечении глобальных экологических функций, позволяет предположить смещение акцентов в сторону наук экологических [5].

Почва, представляя собой сложную систему с большим разнообразием внутренних и внешних функциональных связей, имеющих многоуровневую структурную организацию, в то же время является подсистемой в экосистеме города и имеет статус ее базовой составляющей, выполняющей в условиях городской среды ряд экологических функций [6].

Главными функциями городской почвы являются: пригодность для произрастания зеленых насаждений, способность сорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды, а также от поступления пыли в городской воздух.

Интенсивная антропогенная нагрузка, обусловленная развитием производственных мощностей, ростом площадей жилой застройки, увеличением транспортного потока на городских автомагистралях, нарушает способность городских почв выполнять свои экологические функции, в связи, с чем эколого-геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий, как компонента урбоэкосистемы, испытывающего значительную антропогенную нагрузку, становится особо актуальной.

При оценке экологического состояния почвенного покрова города Абакана были применены методы, используемые в почвоведении, отвечающие специфике почвы как природного тела, в том числе: морфологический, метод поч-

венных вытяжек, профильный, физико-химический, балансовый, системный [6].

На территории города было выделено шесть пробных площадей (ПП) с учетом их функциональных особенностей и степени антропогенной нагрузки, а также три ПП в пределах окрестностей города Абакана, выбранные в качестве фоновых.

Исследование проводилось путем закладки почвенных разрезов глубиной до 1,5 м и проведения макроморфологического анализа, являющегося начальным этапом всех почвенных исследований. Описание разрезов производилось по общепринятым методикам [9]. Типовое название почв на основании морфологического описания разрезов определялось согласно отечественной классификации почв [9], а также с учетом классификации принятой для городских почв [3].

В результате на территории города Абакана и его окрестностей выделены следующие группы почв: естественные ненарушенные, приуроченные к окрестностям города (ПП № 7–9) и представленные светло-каштановыми почвами и черноземами выщелоченными среднесуглинистыми на аллювиальных отложениях; естественные нарушенные, подвергшиеся поверхностному изменению почвенного профиля менее 50 см мощности (ПП № 1–3, 6); антропогенные глубокопреобразованные почвы (собственно урбаноземы), где горизонт «урбик» (U) имеет мощность более 50 см (ПП № 4, 5).

Исходя из того, что основным источником загрязнения в условиях городской среды является автотранспорт, в связи, с чем загрязнение городских почв, в основном, связано с аэрогенным поступлением поллютантов, в том числе тяжелых металлов в результате его эксплуатации, проведена оценка уровня химического загрязнения почв города тяжелыми металлами.

Отбор проб на содержание тяжелых металлов осуществлялся путем составления из 25 точечных, отобранных с глубины 0–10 см (МУ 2.1.7.730–99). Валовые и подвижные формы тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn) определялись путем атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре «КВАНТ-АФА». Здесь мы можем наблюдать применение метода почвенных вытяжек широко используемого в почвоведении для изучения элементов питания, фракционного состава почвенного гумуса, подвижных соединений, процессов их миграции и аккумуляции, различных химических соединений тех или иных элементов [6].

Для оценки уровня химического загрязнения почв был рассчитан коэффициент концентрации загрязнителя (отношение фактического содержания элемента в почве к его фоновому содержанию) и суммарный показатель загрязнения (Z_c), который колебался в пределах 0–10,4. Несмотря на то, что по оценочной шкале, все исследуемые почвы были отнесены к допустимой категории загрязнения почв, исследование выявило существенные отличия в содержании тяжелых металлов в разных группах почв, что объясняется особенностями использования территории и расположения почв относительно источников выбросов. К наименее трансформированным можно отнести почвы рекреационной зоны (ПП №3), к наиболее измененным – почвы, где основным источником антропогенного воздействия является автотранспорт (ПП № 5).

Традиционный подход к изучению загрязнения городских почв, подразумевающий анализ содержания тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах до глубины 0–10 см, позволяет оценить только аэральное поступление поллютантов, без учета факта неравномерного распределения тяжелых металлов, концентрации их на различных геохимических барьерах, в связи, с чем более целесообразным представляется профильный подход с определением содержания тяжелых металлов последовательно по генетическим горизонтам вплоть до материнской породы и сопоставления изучаемых свойств или параметров почвенного профиля [2; 6].

В целях выявления закономерностей накопления и распределения тяжелых металлов в почвенном профиле, в том числе с учетом отдельных почвенных характеристик на территории города Абакана в августе 2015 г. дополнительно было заложено 4 экспериментальных участка. Выбор участков был обусловлен наличием обнаженных, в результате инженерно-строительных работ, почвенных профилей глубиной до 1,5–2,0 м, расположенных вблизи автомагистралей, с учетом интенсивности транспортной нагрузки на данный участок дорожной сети. По результатам оценки интенсивности транспортной нагрузки объектам исследования условно присвоены 4 степени нагрузки (I – очень высокая (Профиль № 1), II – высокая (Профиль № 4), III – средняя (Профиль № 2), IV – низкая (Профиль № 3))

На основе данных анализа содержания тяжелых металлов проведена оценка химического загрязнения верхних горизонтов почв города Абакана, с учетом фоновых значений (для подвижных форм почв с/х угодий, по данным ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Хакасская»), установленных предельно допустимых концентраций – ПДК (ГН 2.1.7.2041-06), ориентировочно допустимых концентраций – ОДК (ГН 2.1.7.2511-09) и кларками почв населенных пунктов [1].

При анализе содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв города Абакана выявлено значительное превышение содержания подвижных форм Zn относительно фонового содержания и ПДК в 680,2 и 10,9 раз соответственно. Существенно превышено, относительно фонового содержания и ПДК, содержание подвижных форм Pb кратность превышения составила 1,5–33,1 для фона и 5,5–5,8 для ПДК.

Использование в качестве критериев оценки загрязнения ПДК, которые установлены не для всех элементов, ОДК, ориентированные на отдельные группы почв, варьирующих данных по кларкам, фоновых концентраций, характеризующихся высокой степенью дифференциации, не обеспечивает должную степень достоверности проводимой оценки. Более обоснованным представляется профильный подход, основанный на оценке степени аккумуляции элементов в почвенном профиле с использованием коэффициента радиальной дифференциации (R) относительно почвообразующей породы: $R = C_n / C_c$, где C_n – содержание элемента в горизонте n и C_c – содержание элемента в горизонте C , применяемый в том числе с целью обнаружения геохимических барьеров [2].

На участках с очень высокой и высокой степенью транспортной нагрузки в верхних почвенных горизонтах установлено значительное превышение содержания подвижных форм Zn, для которого кратность превышения относительно горизонта С составила 1873,1 и 66,9, что свидетельствует об интенсивном агрогенном поступлении поллютантов в результате эксплуатации автотранспорта. Кроме того, установлен факт неравномерного распределения тяжелых металлов в почвенном профиле, что может свидетельствовать о наличии геохимических барьеров, обеспечивающих их аккумуляцию.

Процессы аккумуляции и миграции тяжелых металлов в городских почвах, определяются не только источниками поступления загрязняющих веществ и степенью антропогенного воздействия, но и свойствами присущими самой почве, в связи, с чем при оценке уровня загрязнения, анализе механизмов, связанных с накоплением и распределением тяжелых металлов, немаловажным является установление причинно-следственных связей между их содержанием и отдельными почвенными характеристиками. В данном случае используется весь современный арсенал имеющихся в распоряжении почвоведения физико-химических, химических, аналитических методов [6].

В почвенных образцах были определены следующие показатели: содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), рН водной вытяжки (ГОСТ 26423-85), емкость катионного обмена (ГОСТ 17.4.4.01-84), гранулометрический состав (ГОСТ 12536-2014).

Рассматривая отдельные почвенные физико-химические свойства можно отметить факт существенного влияния показателей рН, содержания гумуса, емкости катионного обмена, грансостава на концентрацию тяжелых металлов в почвенном профиле, что обуславливает формирование горизонтов с особыми физико-химическими условиями (геохимические барьеры), когда можно наблюдать явление аккумуляции тяжелых металлов в отдельных горизонтах почв.

Использование балансового метода почвоведения, в том числе определение показателя техногенности (Tg), под которым понимается, доля техногенного элемента в процентах от валового содержания в почве, позволяет более достоверно установить долю элемента техногенного генеза [2; 6]. Так доля техногенности в верхних почвенных горизонтах на участках с очень высокой (Профиль № 1) и высокой степенью (Профиль № 4) транспортной нагрузки для Zn составляет 93 % и 74 %, для Pb – 69 и 92 %, для Cd – 73 % и 76 %.

Таким образом, выбор подходов к изучению почв, в том числе в рамках эколого-геохимической оценки почв урбанизированных территорий обусловлен ее спецификой как объекта научных исследований, требующего системного подхода при котором почва будет рассматриваться как целостная многоуровневая система, одновременно являющаяся важнейшим, базовым компонентом экосистемы города.

Литература

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2013. 388 с.

2. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М. : ГНУ Почвен. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. 96 с.
 3. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация : учеб. пособие / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева ; под ред. Г. В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
 4. Классификация и диагностика почв России / авт.-сост.: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
 5. Пивоварова Е. Г. О состоянии и перспективах развития почвоведения (по материалам 18 Всемирного конгресса почвоведов, Филадельфия) // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2006. № 6 (26). С. 32–41.
 6. Почвоведение . учеб. для ун-тов : в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М. : Высш. шк., 1988. Ч. 1. Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина [и др.]. 400 с.
 7. Почва, город, экология / под ред. Г. В. Добровольского. М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
 8. Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель / М. Н. Строганова, Т. В. Прокофьева, А. Н. Прохоров, Л. В. Лысак, А. П. Сизов, А. С. Яковлев // Почвоведение. 2003. № 7. С. 867–875.
 9. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск : Карел. науч. центр РАН, 2009. 84 с.
-

THE USE OF TECHNIQUES OF SOIL SCIENCE TO ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS OF URBAN ECOSYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF ABAKAN

Yudina E. V.

*The Ministry of industry and natural resources of the Republic of Khakassia, Abakan, Russia,
elena55555u@mail.ru*

Intensive anthropogenic load disturbs the natural ability of urban soil to perform its ecological functions. In the assessment of ecological-geochemical state of soil cover of the city of Abakan were applied methods which were using in the soil science and meet the specificity of soil as a natural body. Morphological method provided identifying groups of urban soils which are characterized by different degrees of anthropogenic disturbance. Method of soil extracts and physical-chemical methods were used for determining the content of heavy metals and individual soil characteristics. The specialized approach has allowed to reveal regularities of accumulation and distribution of heavy metals in the soil profile. Using the balance sheet method has allowed to establish the proportion of heavy metals of anthropogenic origin. It should be followed a systematic approach when select approaches to the study of soils of urban territorie.

ECOLOGY, THE POSITION AND SIGNIFICANCE OF APICULTURE IN AGRICULTURE, AND ORGANIC BEEKEEPING

Durmue Ali CEYLAN¹

¹Selcuk University, Cumra Vocational School, Cumra – Konya / TURKEY,
daliceylan@selcuk.edu.tr

Abstract. Though for thousands of years agricultural activities in accordance with natural balance didn't damage the nature and cause any environmental problems, the irresponsible attitudes of humankind regarding natural resources and production materials to meet the food demand of rapidly growing world population have affected natural environment and made people focus on environmental problems. Some innovative production models developed to meet global food demand have caused the occurrence of inorganic materials that can never comply with nature. Waste materials that emerge during and after the production period cause immense levels of environmental pollution. The pollution obstructs the lives of humans and other creatures in nature. A natural, healthy and sanitary environment, ecological and biological balance, natural production and natural products are indispensable for all living creatures. Therefore, to be able to possess healthier and natural environment and food for living creatures, organic farming methods are implemented as an alternative agricultural system that conserves natural balance and offers optimum use of natural and energy resources and aims to obtain healthy and safe products by focusing on product quality instead of product amount.

Keywords: Ekology, Organik farming, Organik beekeeper.

1. Introduction

The rapid world population growth and the supply of food demand as a result of this condition have directed people to get the highest level of agricultural production over a unit area in the shortest time. During the last four decades, when conventional agriculture model has been highly implemented, insensible and excessive involvement of additives (fertilizer, pesticide, energy resources, water) into ecology has prompted a yield increase in agricultural production. However, these additives have also caused ecological, economic and social problems. Today, efforts in yield increase in conventional agriculture (all conventional agricultural methods apart from organic agricultural methods) have caused the depletion of natural balance, environmental pollution and genetic and life-threatening problems in humans, plants and animals due to harmful substances that spread through food chain. Producers and consumers who become aware of these adverse conditions have directed to produce and consume products that help to sustain bio-diversity and ecological balance and that do not cause any pollution and toxic effects on living creatures. In this scope, organic agricultural methods have been developed as an alternative to conventional agricultural methods. [1]

2. Ecology and Ecosystem

The term “ecology” is defined as the study of relations of living creatures with themselves and the environment, whereas the term “ecosystem” is defined as ecological systems that occur and sustain as a result of living creatures in a specific area and

their relations with the surrounding environment. Ecology is divided into two groups: plant ecology and animal ecology and studies the living conditions, specifications of plants and animals and effects of the environment on them. In the lives and living conditions of humans and all living organisms, the conditions and features of the environment are of primary importance to the direct and indirect relations of these organisms with the environment. In the sustainability of ecological balance, the conservation, refinement and sustainability of the soil quality is vital. [2]

3. Relations of Nature, Plants and Bees

The presence of living creatures either directly or indirectly depends on plants and there occurs strong organic relations in time between them. In general, this partnership is mutual. The best example to cite this partnership is the relations between honeybees and plant flowers. Plants need bees for pollination and bees need flowers for food.

Bees provide the breeding and spreading of cultivated plants as well as many wild plants and they also contribute to the lives of other plants in the surrounding and the sustainability of other animals and insects that live on or shelter in these plants. Owing to these contributions and features, bees play a critical role in ecological balance and bio-diversity.

4. Ecological Farming

Ecological Farming includes healthy and secure agricultural methods that excludes the use of synthetic chemicals in agricultural production and that rule out bio-accumulation of residual substances in agricultural products for humans and animals [3]. In other words, organic farming depends on the use of animal manure, green manure and compost instead of synthetic chemicals and the use of not chemical or synthetic combat methods against pests. The synergy of plant and animal production forms the basis of organic Farming [4, 5]. Organic animal husbandry is defined as controlled and certified animal production activities with organic production methods for consumers that demand high quality, healthy and non-risk products [4,5,6]. Today, the objectives to meet the animal demand of continually increasing world population have directed producers to obtain higher yields from per animal (meat, milk, egg, honey) and over time required technology and methods to reach these objectives have been developed. For this purpose, by using insensible and excessive amounts of synthetic chemicals (antibiotics, drugs, hormones etc.) provided to producers, a higher level of yield increase was tried to be achieved. With these activities, modern production methods have brought up residual substance problems in food items. As a result, due to the physiological changes in animals, natural flavor of food items have changed and this has arisen an increasing worry that the content of food items might cause various adverse effects on human health [6].

Organic Farming is defined as beekeeping activities, in undisturbed or organic agricultural areas, without the use of artificial feedings or chemical drugs in any period from the production to the consumption [3]. To address any bee product as organic production, beehive features, environmental factors and how the production, extraction and storage of bee products comply with organic agricultural methods are

important. Therefore, the presence of agricultural activities in the same area of a beekeeping organization requires that all available activities should be in accordance with organic production conditions since harmful substances from external sources contaminate water, soil and air and affect other agricultural activities within the same area [4]. In addition, both the agricultural products and the bee colonies in the same environment are affected. In other words, organic Beekeeping should be engaged in areas where organic agricultural methods are implemented. Although the level of the awareness of conservation of animals, plants and environment differs from one nation to another, remarkable developments have been observed. More and more producers and consumers tend to produce or consume agricultural products that are grown by environmentally-harmless methods and that do not cause any toxic effects on humans [4].

5. The Principles of Organic Beekeeping

5.1. The Selection of Suitable Areas for the Bee Colonies

A place where Organic Beekeeping is to be engaged should be either 3 km away from the area where conventional agricultural methods are implemented or in an area where no chemicals like drugs or fertilizers are implemented. Pollen and nectar resources should not be contaminated by synthetic chemicals and the area should be out of the city far from industrial zones [4]. In addition, bee colonies should be placed away from other production sources causing contamination such as city centers, highways, industrial zones, waste collection and incineration centers [4].

5.2. Maintenance and Feeding In Accordance with Organic Farming Standards

All processes conducted during production period of colonies should depend on organic production principles. The material of beehives and other procedures, which are used in partitions aiming to increase the number of colonies, should not break these principles. For instance, producers should be careful about the paints and adhesives used to make beehives. Also, queens, beehives and comb foundations should be obtained from producers that comply with organic production methods. Especially, to increase the durability of beehives, only natural products such as propolis, beeswax and herbal oils should be used [7,8]. During partition or unity processes of colonies, materials used to inhibit pheromone effect of queens should be selected carefully. Instead of sprays and deodorants used for this purpose, odorizing natural products should be preferred. In and around the place where colonies are to be located, the sources of pollen, nectar and water should be adequate. At the end of production season, adequate quantity of honey should be left in order to make bees spend winter without any additional food [3,4].

In organic Beekeeping, no additional food should be given to colonies in production program, and if it is required, only organic foods should be preferred. Incentive feedings in spring and additional feedings in fall should include organically produced sugar or honey [3,4,9]

5.3. Sanitation In Accordance With Organic Farming Standards

Like all living organisms, honeybees are threatened by various parasites and microorganisms in the environment. These parasites and microorganisms might make

bees have some pests or make colonies weak and extinct, and thus, they affect their productivity. Although chemicals are implemented in conventional Beekeeping to control pests, either required steps are taken or non-damaging products or methods are implemented in organic Beekeeping to prevent pests. To do so, some primary preventive measures should be taken:

1. Durable kinds and lines of bees should be selected. Queens should be renewed regularly.
2. Beehives should systematically controlled and male offspring should be checked.
3. All materials used in beehives should be regularly disinfected by organic methods.
4. Contaminated materials and sources should be destroyed carefully.
5. Honeycombs should be renewed regularly.
6. Adequate quantity of pollen and honey should be left in beehives [10].

Beehive disinfection activities should include brearing. Other materials used in production should be disinfected in boiling water. To disinfect beehives and other materials used in Beekeeping, potassium and sodium soaps, water and steam, calcium bleach, caustic lime, sodium hypochlorite, caustic soda, caustic potash, hydrogen peroxide, natural herbal extracts, citric acid, peracetic acid, formic acid, lactic acid, oxalic acid, acetic acid, alcohol, formol and sodium carbonate can be used [6,11].

If any problem in colonies is observed despite strict measures taken, treatment should be started immediately and disinfection in accordance with organic production methods should be carried out. For the colonies under treatment, transition period is applied or they are transferred to frames with organic combs. If chemical drug use is a must, it should be done in control of a veterinary. After the treatment, all combs in disinfected beehives should be replaced. In the case of Varroa Destructor, the greatest problem in Beekeeping, formic acid, lactic acid, acetic acid, oxalic acid, menthol, timol, eucalyptol and camphor should be used [4, 7, 8,10].

The use of salt against wax moth [12] and the use of formic acid against varroa and chalk brood are examples of medicine use in organic Beekeeping. Owing to the fact that formic acid naturally exists in honey and that the dosage has no residues on honey and the acid level decreases to normal levels in a short time and has no effects on human health, it's one of the leading preparations against varroa and chalk brood [13].

Moreover, as a biological method, frames with male bee partition might be used. Another method is heating. In this system, the beehive is heated for 5 minutes at 45 °C. Varroas that drop and accumulate on the lower surface of the beehive are collected and destroyed [10].

6. Conclusion

Today, as a result of insensible and excessive use of synthetic chemicals, natural environment and bio-diversity is disturbed and more studies and findings indicate that more products threat human health. Organic production is an alternative system that conserves natural balance and offers optimum use of natural and energy resources

and aims to obtain healthy and safe products by focusing on product quality instead of product amount. Organic Farming does not allow synthetic chemicals to be used as pesticides that cause residual problems in nature and risk living creatures. In this scope, organic production should be encouraged for ecological environment, biodiversity and healthy life in order to keep our nature for future generations.

References

1. Duygu, E., http://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=112
2. <http://ekoloji.nedir.com/>
3. Gürkçe, M., F. Konak, 2003. Arıcılıkta Organik İretim. Eritim Sunumları. Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü, Ordu.
4. Anonim, 2002. Türk Gıda Kodeksi. Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yünetmelik, Tarım ve Kçyşleri Bakanlık, Resmi Gazete Tarihi: 11. 07. 2002, Sayı: 24812.
5. Arı, N., 2003. Organik Tarım. Eritim Sunumları, Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü, Antalya.
6. Anonim, 2002 a. Ekolojik (Organik – Biyolojik) Tarımda Hayvancılık. Türkiye Sıt, Et, Gıda Sanayicileri ve İreticileri Birlii, İktisadi İöletmesi, Haziran 2002, Ankara.
7. Imdorf, A., V. Kilchenmann, R. Kuhn, S. Bagdanov, 2003. Beewax Replacement in Organic Beekeeping, Is There A Risk of Contamination by Residues in Hive Walls? *Apiacta* 38 178.
8. Livia, P. O., P. Patrizio, M. Cinzia, M. Enzo, 2003. Organic Beekeeping and Acaricide Residues in Beewax. Research in the Lazio Region (Central Italy). *Apiacta* 38 40–45.
9. Akyol, E., 2005. Organik Arıcılık. Orta Anadolu Bölgesinde Arıcılığın Sorunları ve Çözüm Önerileri Paneli. 10 Mayıs 2005. Konya.
10. Gürkçe, M., 2002. Organik Arıcılık. Tarım ve Kçyşleri Bakanlık, Organik Tarım Eritim Sunumları, Ankara.
11. Lodesani, M., C. Costa, M. Bigliardi, R. Colombo, 2003. Acaricide Residues in Beewax and Organic Beekeeping. *Apiacta* 38:31–33.
12. Kumova, U., A. Korkmaz, 2000. Arı İğneleri Tüketim Davranışları İzerine Bir Araştırma. Türkiye’de Arıcılık Sorunları ve 1. Ulusal Arıcılık Sempozyumu, 28–30 Eylül 2000, Kemaleye, Erzincan.
13. Kaftanoğlu, O., M. Bizici, H. Yeninar, S. Toker, A. Güler, 1992. Formik Asit Plakalarından Balarısı (*Apis mellifera*) Kolonilerindeki *Varroa jacobsoni* ve Kirez Hastalığı (*Ascosphaera apis*)’na Karşı Etkileri. *Dopa-Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences* 16:412–425.

CONNECTIONS BETWEEN PLANT FEEDING, MACRO NUTRIENT AND QUALITY IN FRUIT GROWING

Fatih ER¹, Ahmet Sami EROL²

¹ *Selcuk University Cumra School of Applied Sciences, Konya, Turkey, fatiher@selcuk.edu.tr*

² *Selcuk University Cumra Vocational High School, Konya, Turkey, fatiher@selcuk.edu.tr*

Abstract. Scientists research for food requirements of fast growing world population and looking of alternative food resources. Problems of food resources are still at the top of the world agenda. The other problem of the food resources is improvement of quality in fast growing agricultural production. Manure usage increases yield but also increase or decrease quality of products. Excessive or insufficient usage of manure lowers yield but also lowers quality, durable and taste of fruit. Excessive usage of manure cause some compounds which are harmful for human health.

Introduction

With the biotechnology methods, plants, animals or microorganisms genes can be changed with transferring of genes from different species. These new plants, animals or microorganisms are called genetically modified organism, shortly GMO. Production of GMO products increased in last few years for solution of world hunger problem. One of the main aims of GMO researches is enhancing herbal products for yield decreasing factors such as diseases and insects.

Undoubtedly GMO products has harmful effects on human health. Gene flow from GMO products to cultigens may cause these harmful effects. There are concerns about, transforming GMO products to wildering and gene flow from GMO products to organic agriculture plants. GMO products has been used as insecticide. Dense usage of GMO cause decrease base genes in agriculture. Also dense usage of GMO damages ecosystem and biological diversity.

Hormones

Growth process includes hormones which naturally in plant and unnatural materials which injected to plants for fast growing. In most sources plant hormones identified as; Hormones are naturally existed in plants, controls growth process and other physiological activities, can be transfer to all parts of plant, can be effective with little doses.

2.1. plant hormones

Thus all tissues of plants contains different hormones with different amounts. There are 5 types of hormones which are generated in plant. These are;

1. Oxygen
2. Gibberellins
3. Cytokinins
4. Abscissic Acid
5. Ethylene

Oxygens: Oxygens have using for fruit set, preventing fruit drop and increasing rooting of plants buddings. It shows herbicide effects in high doses. Auxins have using as herbicide in wheats and corns against wide leafed wild grasses.

Gibberellins: They have using for fruit set, seed germination and growing of plant. Gibberellin existed in plants naturally but they may produced from fujikuroi

fungis .

Cytokinis: They have using rarely for increasing fruit quality. Artificial sytokin- is are very expensive and that prevents their extensive usage.

Abscisic Acid: They slow down plant growing and organize opening and closing of stomas. They have generated specially in high stressed plant . It is not possible to use in practice.

Ethylene: They are ageing hormones which generated naturally as gaseous state in plants. Ethylene has using for specially ageing and yellowing of green bananas , some citrus species like lemon and mandarin which are growth as green . Ethylene generally used from direct ethylene or acetylene gas but rarely chemicals which are generate ethylene.

Quality features can be subdivide as internal and external. Colour, shape and size can be identified as External features. Nitrogen compounds, oil, sugar, fibrous, aroma, carbohydrate can be identified as Internal features.

Connection Between Nitrogen and Quality in Plant Production

Plants receive nitrogen from soil solution as nitrat (NO_3^-) and ammonio (NH_4^+) ions. nitrat (NO_3^-) regress to NH_3 before assimilation. In first step nitrat (NO_3^-) regress to nitrite (NO_2^-) and in second step regress to ammonio (NH_3). *Nitrat reductase* enzyme participate in first step and in second step, *Nitrit reductase* participate in . Ammonio (NH_3) which occur from regress of nitrite and ammonio (NH_4^+) which obtain with roots of plant assimilated to amino acids and amits. In Aforementioned biochemical event *Glutamin Dehidrogenaz*, *Glutamin Sentetaz* and *Glutamat Sentetaz* are participate in. More than hundred amino acid connected to each other with acids peptide chain ($\text{R}] - \text{CO} - \text{NH}_4 - \text{R}_2$) and as a consequence protein synthesis occurs . In plant cells and tissues synthesis and fragmentize of protein happens in sequence. Growing of plants leaf, age, phytohormone and mineral elements amounts effects protein synthesis and fragmentize. yapmaktadır [1].

The most common effect of nitrogen deficiency is general discoloring of leaf. Discoloring starts in old leafs and proceed to young ones. The main reason of discoloring in plants is plastid fragmentize follows protein fragmentize and as a consequence chlorophyll synthesis are degrade or stop. Nitrogen deficiency degrade vegetative growing and improves generative activitys also lowers amounts of products [2].

Table 2

In many researches with different conditions shows nitrogen manure usage effects vitamin amounts in plants [3]

PLANT ^a	Ascorbic acid	Carotene ^c	Thiamine	Riboflavin	Niacin
Apple	Increase	Decrease			
Cherry	Increase	Impervious			
Mango	Increase				
Peach	Increase	Decrease			
Pineapple	Increase	Increase			
Black currant	Increase				
Grape fruit	Increase	Decrease			
Orange	Increase				
Satsuma					

Lemon	Decrease				
Mandarin	Decrease				
Orange	Decrease				
Pomegranate	Decrease				
Raspberry	Decrease				
Strawberry	Decrease				

^a If it is not mentioned represent eatable part,

^b Datas about slight, sufficient or excrescence usage of manure.

3.1. Phosphor-Quality Relations

Plants mostly receive phosphor from soil solution as H_2PO_4^- ve $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ forms. Phosphor effects on plant metabolism has many different tasks and because of that if plant have not been provided with enough phosphor many metabolic events may get effected negatively. The most important task of phosphor is creating pirophosphat bonds and helping energy transportation. Phosphor is the main ingredient for both phosphor based nucleoid (RNA and DNA) and phospholipits which are contained in membrans. Those are needed for photosynthesis and breathing also another metabolic events of plantations. Lack of phosphor causes growth loss, twin seeds etc. Phosphor absent plants have lesser seeds. Phosphor absence indications are usually blue-colored leafs and elder leafs. One-year plants which lack phosphor have trunk burn because of increasing antosianins.

3.2. Potassium – Quality Relations

Potassium; which has great importance on metabolic, physiologic and biochemical tasks for plantations; has been received by plants as K^+ (ion phase). These effects of potassium on plants can improve product yield and quality. Potassium helps enzyme activity, photosyntheses, plant nutrition elements and photosyntheses product transportation, organizes turgon and also prevents water loss and being discolored. Lack of potassium first effect is growth rate first and then color loss (chlorosis) and stains (necrosis) on plant. Lack of potassium effects can be seen first on elder leafs. If potassium is given to plants as required, plants' quality parameters are effected positively. Required potassium application effects on plantations are as following [4]:

- Increases plant's protein extend
- Increases lump and seed farina exten
- Increases water solvent matter quantity and C vitamin extend.
- Effects fruit's color and aroma positively.
- Increases lump and fruit size.
- Increases fruit peeling wide.
- Prevents some physiologic defects
- Increases resistance of the plant against diseases and vermin.
- Prevents quality decay while transporting or storing and increases product's shelf life.

C vitamin extend which is an important quality parameter for plants is effected positively by potassium manure applications. But excessive applications might have negative effects on most quality parameters and also C vitamin extend. Researches that has been conducted about excessive usage of potassium applications shown that

both C vitamin extend and product quality is affected negatively. Table 2 can show us about water solvent matter quantity as applications are raised.

Table 2

Potassium contained manure application's effects on orange yield and fruit quality [5]

K_2O , g Tree ⁻¹	Fruit weight, g	Product Amount kg tree ⁻¹	Fruit juice, %	WSMQ, %	Vitamin C, mg 100 ml ⁻¹
0	165,2	31,9	46,3	9,77	52,8
200	173,1	36,2	47,2	9,89	54,1
400	178,0	37,5	47,2	10,06	55,9

When Table 2 is examined, increasing potassium applications' effects on orange fruit's weight, product yield, fruit juice, WSMQ and vitamin C extends improvements can be seen. But excessive amounts of potassium manure applications might possibly effect negatively on orange fruit quality parameters as explained before. Thus excessive potassium manure applications must be avoided to preserve product quality and yield.

References

1. Er, F. ve Karaman, M. R. 2004. Bitkisel İretimde Azotlu Gübreleme ve Kalite Etiketleri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Zevce, 11–13 Ekim, Tokat.
2. Kacar, B. ve Katkat, A. V. 2009. Bitki Besleme (4. Baskı). Nobel Yayınları No: 849, Fen Bilimleri No: 30, Ankara.
3. Mozafar A. 1993. Nitrogen Fertilizers and the Amount of Vitamins in Plants: A Review. J. Plant Nutr. 16(12): 2479–2506.
4. Imas, P. 1999. Quality Aspects of K Nutrition in Horticultural Crops. International Potash Institute, Coordination India. c/o DSW, Potash House, P. O. Box 75, Beer Sheva, 84100, Israel.
5. Bhargava, B. S., H. P. Singh and K. L. Chadha. 1993. Role of potassium indevelopment of fruit quality. In: Advances in Horticulture, Vol. 2 FruitCrops: Part 2. (Eds. K. L. Chadha and O. P. Pareek). Malhotra PublishingHouse, New Delhi. p: 947–960Ankara.

КЛАССИФИКАЦИЯ КУЛЬТУРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПОСЕЛЕНИИ ВИКИНГОВ ХЕДЕБЮ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Хамнуева С. В.¹, Вендт Й.², Борк Х.-Р.³

¹Университет им. Кристиана-Альбрехта, Киль, Германия, skhamnueva@ecology.uni-kiel.de

²Университет им. Кристиана-Альбрехта, Киль, Германия, jwendt@ecology.uni-kiel.de

³Университет им. Кристиана-Альбрехта, Киль, Германия, hrbork@ecology.uni-kiel.de

Введение

В настоящее время исследования древних природно-антропогенных отложений – культурного слоя поселений, приобретают все большее значение. Детальные исследования культурного слоя различными физико-химическими методами, а также его сравнение с погребенными и фоновыми почвами позволяют изучить антропогенное воздействие на почвы и сложные взаимодействия человека с окружающим ландшафтом в целом. Изучение свойств, описание и классификация культурных отложений представляют собой особую задачу в палеопочвоведении и геоархеологии в связи со сложными процессами их формирования [1]. Это в свою очередь часто затрудняет решение многих локальных задач исследований в древних и средневековых поселениях. Целью данной работы является разработка подхода для систематизации культурных отложений разного генезиса на основе статистического анализа их свойств.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является раннесредневековое (VIII–XI вв.) городище Хедебю (нем. Haithabu), расположенное в северной Германии 45 км южнее границы с Данией (рис. 1). Большой научный интерес к Хедебю обусловлен тем, что он являлся одним из главнейших торговых центров в северной Европе и южной Скандинавии в эпоху викингов и по мнению многих ученых первым городом в этом регионе [5]. Рельеф и породы данной территории были сформированы во время вислинского оледенения (117 000–11700 л. н.). Почвообразующие породы представлены карбонатными и выщелоченными моренами и флювиогляциальными песками; основные типы почв региона – камбисоли, лювисоли и подзолы [4].

Отбор проб проводился методом бурения Vibracore. Почвы и отложения описывались согласно инструкциям FAO [3]. Подготовка образцов заключалась в просушивании при 40°C и последующем просеивании через сито 2 мм с отделением и взвешиванием крупной фракции (> 2 мм) и различных включений таких как кости, артефакты, древесные угольки и остатки древесины, крупные растительные остатки. Для всех образцов было произведено измерение содержания органического вещества (ОВ) методом прокаливании при 550 °C и магнитной восприимчивости (МВ) прибором Bartington MS2B susceptibility meter. Для ряда образцов был проведен элементный анализ методом рентген-флюоресценции с использованием портативного прибора XL3t 900-series

GOLDD by Niton Analyzers, а также был определен гранулометрический состав методом мокрого просеивания с последующей седиментацией и для ряда образцов методом лазерной дифракции на приборе Mastersizer 2000 (Malvern Instruments). Статистическая обработка данных осуществлялась в пакете Statistica.

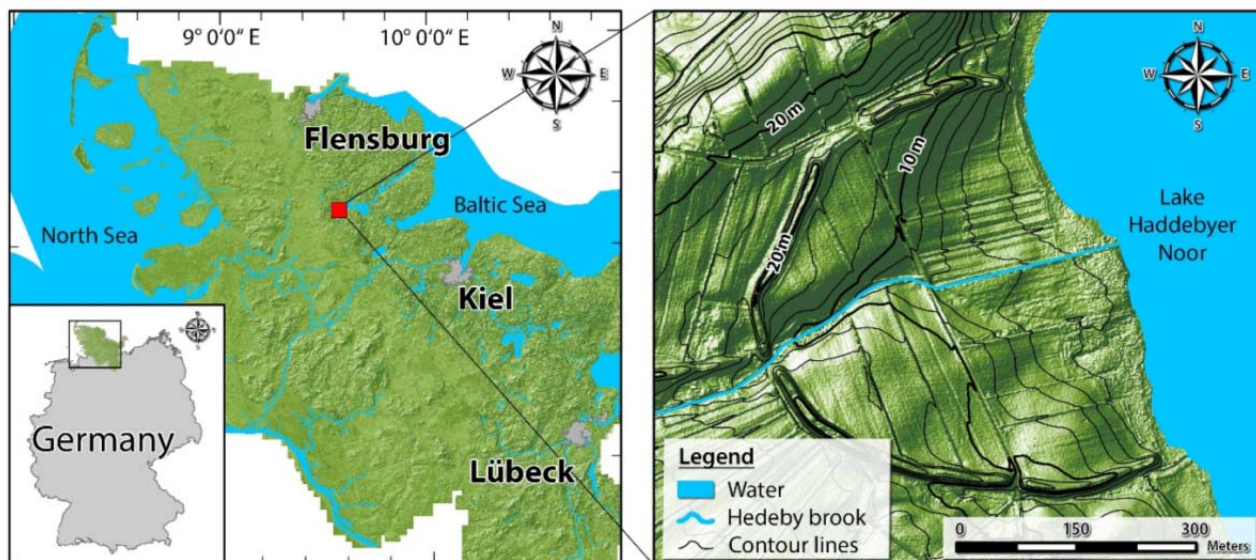


Рис. 1. Расположение поселения викингов Хедебю

Результаты и обсуждение

Стратиграфия и характер отложений в Хедебю характеризуются сильной пространственной неоднородностью в зависимости от геоморфологических условий и характера использования территории во время существования поселения. На всей территории городища присутствует культурный слой (КС), как в виде единого мощного слоя, так и в виде тонких прослоек в последовательностях отложений разного генезиса. КС представляет собой гетерогенный материал темно-серого до черного цвета с новообразованиями вивианита и обильными включениями камней, углей, остатков древесины, костей, а также фрагментов керамики и металлургических шлаков. Верхняя часть культурного слоя (40–50 см) более гомогенная вследствие средневековой и современной вспашки (КС_{пах}). На нескольких участках, расположенных на пологих склонах и в понижениях, были обнаружены частично сохранившиеся погребенные почвы на глубине 90–150 см от современной поверхности. Гумусовый горизонт этих почв, как правило, эродирован или смешан с КС. Поэтому почвы были идентифицированы на основе горизонта В и классифицированы как Cambisol. В центральной части поселения в долине ручья был идентифицирован слой торфа, который согласно радиоуглеродным датировкам сформировался после того, как поселение было разрушено и покинуто в середине XI века.

С целью классификации гетерогенных культурных и других отложений был проведен статистический анализ свойств 287 образцов, отобранных из 8 кернов. В качестве переменных были использованы показатели: содержание крупной фракции (> 2 мм), угольков и древесины, костей, артефактов, а также

магнитная восприимчивость и содержание органического вещества. Поскольку все эти переменные характеризуются распределением значимо отличным от нормального (тест Шапиро – Уилка, $p < 0,05$), были использованы непараметрические методы.

Метод главных компонент (ГК) на основе корреляционной матрицы был применен с целью определить основные факторы варьирования данных. В сумме три ГК объясняют 75,6 % дисперсии данных, что удовлетворяет требованиям анализа. Далее, на основе результатов анализа ГК был проведен кластерный анализ с использованием значений факторов, полученных при анализе ГК. Кластеризация была проведена методом Уорда с евклидовыми расстояниями в качестве меры близости.

На относительном расстоянии объединения 60 % выделяются три крупных кластера (рис. 2): естественные отложения, переходные по свойствам отложения и культурные слои. Для получения детальной классификации, удовлетворяющей задачам исследования, было выбрано расстояние 8,2 %, что позволило выделить 15 кластеров. Однофакторный дисперсионный анализ с апостериорным тестом Тьюки выявил значимые отличия между всеми кластерами по хотя бы одному параметру, в то время как большинство кластеров отличаются друг от друга по трем и более параметрам.

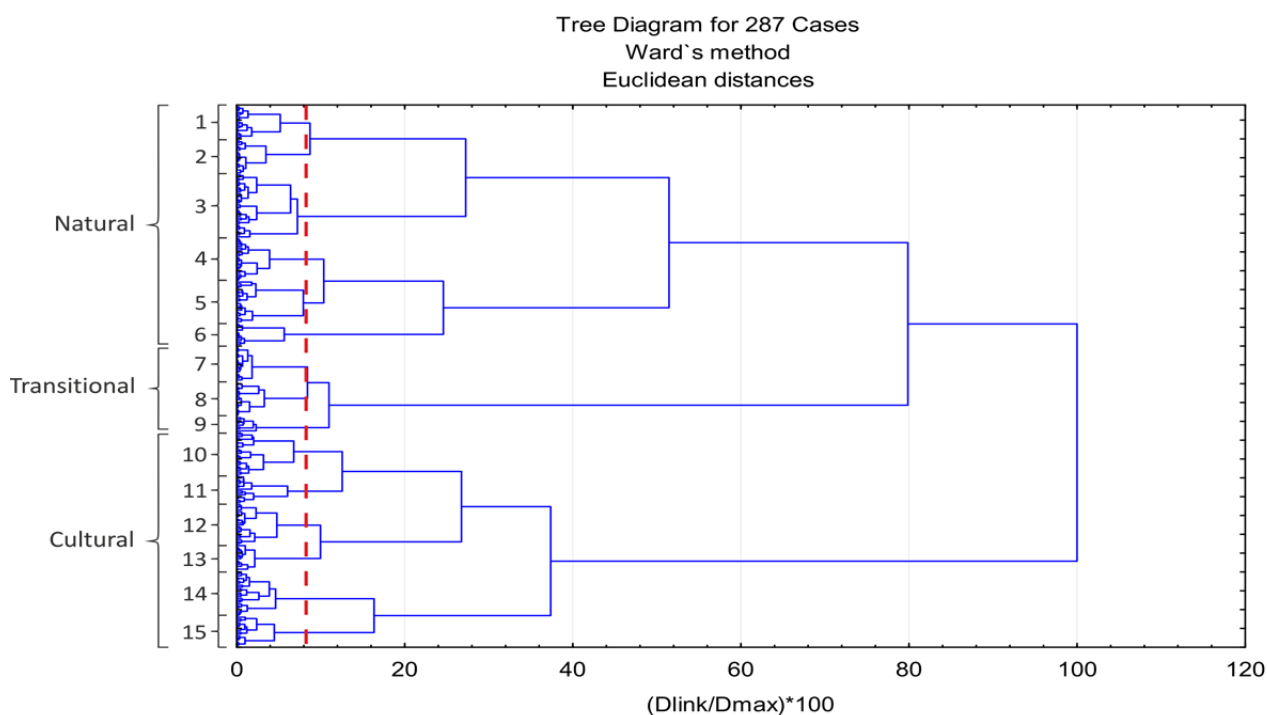


Рис. 2. Результаты иерархического кластерного анализа

В табл.1 представлена описательная статистика выделенных кластеров. В кластеры 1–6 входят природные отложения без следов хозяйственной деятельности человека, включая погребенные почвы, плейстоценовые отложения и стерильные прослойки. При этом кластер 6 включает в себя торфяные слои, а кластер 3 представляет собой природный гравий. Кластеры 7 и 9 являются переходными. Для них характерно присутствие малого количества артефактов и

относительно невысокие значения МВ. Кластер 8 можно считать группой культурных отложений, так как несмотря на отсутствие угольков, древесины и костей, этот кластер характеризуется высоким содержанием артефактов и высокими значениями МВ. Кластеры 10–15 включают в себя культурные отложения с высокими значениями хотя бы одного из антропогенных показателей. Детальный анализ свойств полученных кластеров позволяет различить антропогенные отложения, связанные с разными видами деятельности человека.

Таблица 1

Описательная статистика полученных кластеров

Кластер	N	> 2 мм, %			Угли/древесина, %			Кости, %			Артефакты, %			ОВ, %			МВ, 10 ⁻⁸ м ³ кг ⁻¹		
		Q25	Med	Q75	Q25	Med	Q75	Q25	Med	Q75	Q25	Med	Q75	Q25	Med	Q75	Q25	Med	Q75
1	18	0,4	0,8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	5,1	8,4	7,4	13,7	57,1
2	18	0,2	0,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	1,4	7,5	10,1	15,7
3	34	2,7	11,6	31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	1,1	3,3	13,4	30,1
4	23	1,3	1,9	5,2	0,1	0,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,6	7,5	6,4	19,4	35,3
5	22	0,2	0,7	1,5	0,4	1,3	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	4,4	8,7	2,0	3,0	4,5
6	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	32,2	37,9	4,6	5,4	8,6
7	19	1,0	1,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,8	3,9	4,5	4,9	27,2	37,2	51,2
8	19	2,1	3,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,7	2,9	2,6	3,7	4,3	98,6	113,3	127,1
9	8	3,4	20,8	35,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,0	0,4	0,7	2,2	32,1	62,9	98,8
10	23	2,0	5,0	6,7	0,3	2,7	6,0	0,1	1,2	4,0	0,5	1,3	5,6	2,2	3,4	5,6	51,6	93,5	131,0
11	15	1,0	1,7	2,0	1,0	6,0	7,4	0,0	0,0	0,3	0,4	2,7	4,5	4,5	8,4	11,9	7,2	11,7	28,7
12	22	1,9	4,3	10,4	0,9	2,4	4,7	0,1	0,5	3,9	0,0	0,1	0,4	3,6	5,2	9,0	8,4	13,2	40,9
13	14	0,9	1,4	1,9	1,5	3,1	6,7	0,1	0,7	2,3	0,0	0,0	0,0	7,2	12,0	18,2	5,2	7,6	10,7
14	24	7,8	18,7	37,1	0,1	0,2	0,5	0,3	0,5	1,8	0,5	1,1	1,5	0,7	1,1	1,6	32,5	62,1	100,9
15	16	3,7	8,8	17,0	0,0	0,2	0,4	0,1	0,5	1,9	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	1,1	20,1	27,7	42,5

В дальнейшем полученная классификация отложений позволит интерпретировать сложные стратиграфические последовательности и таким образом реконструировать развитие ландшафта, что особенно важно для решения локальных задач исследований при ограниченных возможностях раскопок.

Выводы

Результаты данного исследования продемонстрировали сложность такого объекта исследования как культурный слой поселений и необходимость использования набора параметров при его изучении, поскольку разные виды человеческой активности по-разному оказывают влияние на почвенно-литологический материал.

Подход, основанный на физико-химических данных и их статистической обработке, позволил агрегировать отдельные слои в седиментационные ком-

плексы по объективным критериям. Характеристики и расположение этих комплексов относительно друг друга в профиле и в катене позволяют выдвигать гипотезы о возможных источниках коллювиальных отложений и наличии стратиграфических инверсий, что необходимо для дальнейшего изучения развития ландшафта в Хедебю.

Литература

1. Сычева С. А. Почвенно-геоморфологические аспекты формирования культурного слоя древних поселений // Почвоведение. 1994. № 3. С. 28–33.
2. Alexandrovskaya E. I., Alexandrovskiy A. L. History of the cultural layer in Moscow and accumulation of anthropogenic substances in it // Catena. 2000. Vol. 41. P. 249–259.
3. FAO Guidelines for soil description. Fourth edition. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations. 2006. 97 p.
4. FAO World reference base for soil resources 2006. World soil resources report 103. Rome: 2006. 128 p.
5. Hilberg V. Hedeby: an outline of its research history // The Viking World / Brink S., Price N. (eds.). London, N. Y. : Routledge Taylor and Francis Group, 2008. 717 p.

CLASSIFICATION OF CULTURAL DEPOSITS IN THE VIKING SETTLEMENT HEDEBY BASED ON STATISTICAL ANALYSIS OF PHYSICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES

S. V. Khamnueva¹, J. Wendt², H. -R. Bork³

¹Christian-Albrechts University, Kiel, Germany, skhamnueva@ecology.uni-kiel.de

²Christian-Albrechts University, Kiel, Germany, jwendt@ecology.uni-kiel.de

³Christian-Albrechts University, Kiel, Germany, hrbork@ecology.uni-kiel.de

Cultural layers of former settlements represent important geoarchives and contain valuable information about long-term human-environment interactions. Cultural layers and other anthropogenic deposits of the former Viking settlement Hedeby were investigated in order to develop their classification based on objective and easily determinable criteria. The following properties were determined: content of stones, wood remains and charcoal, bones, artefacts as well as magnetic susceptibility and organic matter content. Statistical analysis of this set of properties allowed distinguishing three large groups of sediments: natural, transitional and anthropogenic. In total 15 clusters were determined, which represented the basis for classification of the sediments. This classification enables interpretation of complex stratigraphic sequences and reconstruction of landscape development.

DETECTING THE WATER LEVEL DECREASING AND LAND USE CHANGE OF THE BURDUR LAKE BASIN VIA GEOGRAPHICAL INFOIRMATION SYSTEMS

F. Sari ¹, E. Tusat ²

¹Selcuk University, Cumra Vocational School, Geographical Information System Department, Konya Turkey, fatihsari@selcuk.edu.tr

²Selcuk University, Cumra School of Applied Sciences, Information Management Systems, Turkey, etusat@selcuk.edu.tr

Abstract. Protect the environment is a vital object all around the world due to the global warming, air pollution, decreasing water resources, changing climate conditions, destroyed animal and plant species, big migrations and destroyed world with wastes and carbon pollutants. All these problems increase the changing rate of the land, land use, climate conditions and weather. Especially land use change is one of the most important issue that must be considered urgently due to the agriculture, livestock, urbanisation and other activities have a very close relationship with land use change. The main of this study is highlighting water resources and their decreasing rate as a result of the global warming. The Burdur lake basin is evaluated with LANDSAT imageries from 1972 to 2015 to determine the land use change and the water decreasing rate. The Burdur lake is also an important lake for bird species and housing a large amount of birds in winter. Geographical Information Sciences are used to evaluate the changes.

Keywords: Land Use, Environmental Monitoring, Geographical Information Systems.

INTRODUCTION

Environment is being one of the most important issue all over the world due to the industrialization, global warming, increasing population and human made effects on environment. Additionally, lacks of sustainable environment management systems prevent right decision making stage to predict and protect environmental risks. Protecting the environment is only being possible with multi-disciplinary projects considering social, economical and environmental parameters within effective information systems by all stakeholders [1] (Sarı and Tuşat, 2015).

Effective environment management requires interoperability concept between institutes and organizations. Thus, access to spatial data is a vital object both in planning and applying stage of environmental projects. Considering the multi-disciplinary structure of environmental monitoring and management, it is stringly required to access up-to-date, standardized and accurate spatial data. Access and analyze of spatial data is one of the most important object in decision making stage for environment management and this concept is being mentioned widely within information systems. Due to the large amount of data and analysis outputs, environment management and monitoring systems require intelligent and functional systems.

Nowadays, demand to the access and use of spatial data is increasing information system technologies development. Analyzing spatial data with decision support systems and sharing results with other users is being an important issue in multi-disciplinary projects. In this concept, Geographical Information Systems (GIS) is being an efficient solution center in the field of analyzing, visualizing, sharing and storing spatial data [2–4] (Maguire 1992; Burrough and McDonnell, 1998; Yassemi et al., 2008). This important role makes GIS as an integration platform thanks to the

developments in software capabilities [5] (Kulawiak et al., 2010). During the past 30 years there have been many developments in spatial data analysis, spatial data storage and retrieval, and mapping. Many of these developments have occurred in the field of Geographical Information Science. Geographical Information Systems (GIS) software now supports many elementary and advanced spatial analytic approaches including the production of high quality map [6] (Yomralioğlu 2000).

MATERIAL METHOD

Burdur Lake is a large tectonic and saline lake, positioned at the frontier between Burdur and Isparta provinces. It has an area of 250.000 km² and maximum depth recorded at variously times between 50 and 110 meter. Lake Burdur is among the largest and deepest lakes of Turkey, located at the Lake District Region in southwestern Anatolia (37°43'351" N, 30°10'878" E), within a closed basin. Catchment area is 6150 km². The average depth is 40 m and maximum depth 68 m. Maximum surface area is 140 km² at 854 m elevation. It is salty and highly alkaline (pH 9.5) and it never freezes [7] (URL 1).

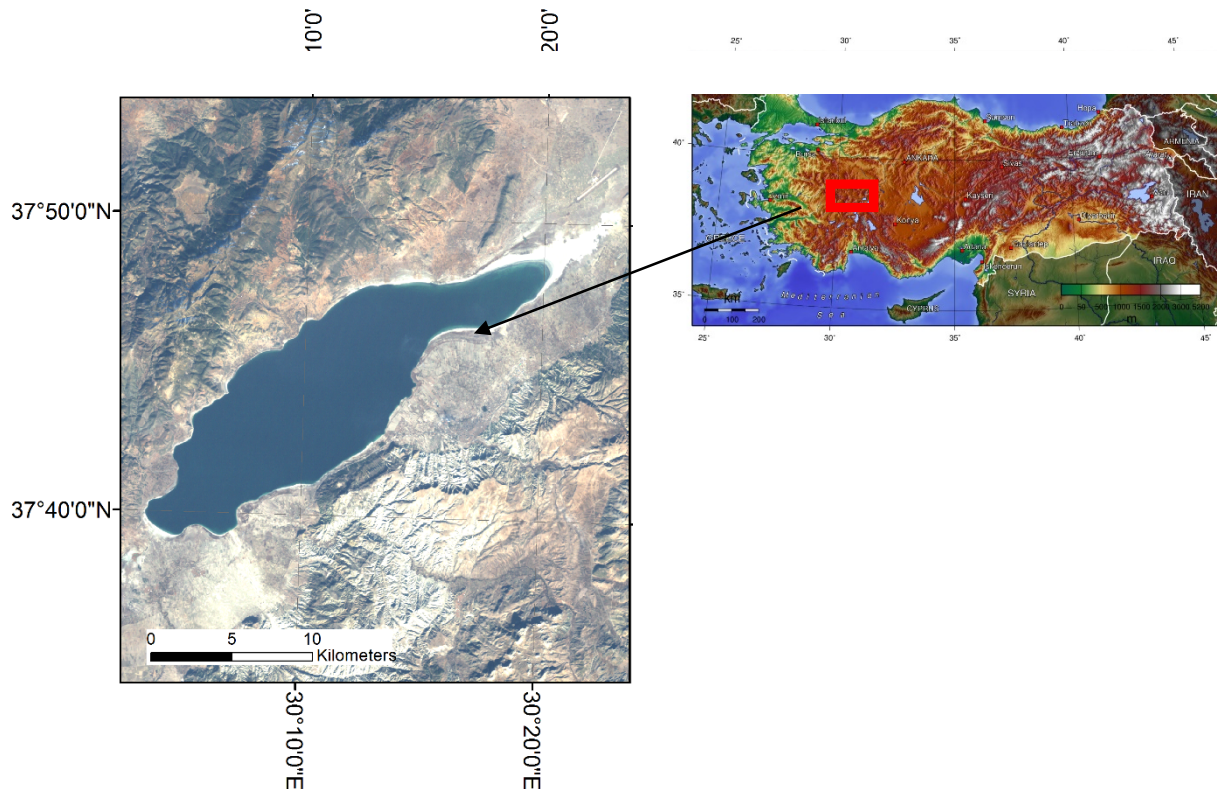


Fig. 1. Study area

For monitoring the land use change of the Burdur Lake, Landsat imageries are used. The Landsat imageries are downloaded from USGS web site in 1975, 1984, 1987, 1989, 1995, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2009, 2011, 2014 and 2015 years. LANDSAT 1, 2, 3 and 4 MSS, LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM and LANDSAT 8 OLI imageries are used to determine the land use changes. The imageries are classified via ArcGIS image analysis extension with supervised classification method. Classified imageries are converted to polygons to be able to calculate the ar-

ea of the lake and the land use changes.

RESULTS

The LANDSAT imageries are downloaded and raster band combinations are realized with ArcGIS software. Water surfaces are one of the main geographical objects that can be easily determined via LANDSAT imageries. Thus, 1, 1, 7 band combination are used to detect the surface area of the Burdur Lake. The supervised classification technique is used to separate the water area from land.

Evaluating the study area, it can be seen that water level decreased from 1795 to 2015 very rapidly. The deepness of the lake is very low in the North-West corner, thus, the decreasing can be easily seen in LANDSAT imageries. The other boundaries of the lake are surrounded with small mountains. Therefore, the bare lands started to occur after 1990's. Due to the lake have very intensive salt rate, the area started to seem as white after 1990's. Considering the decreasing rate, the future of the lake is very critical.

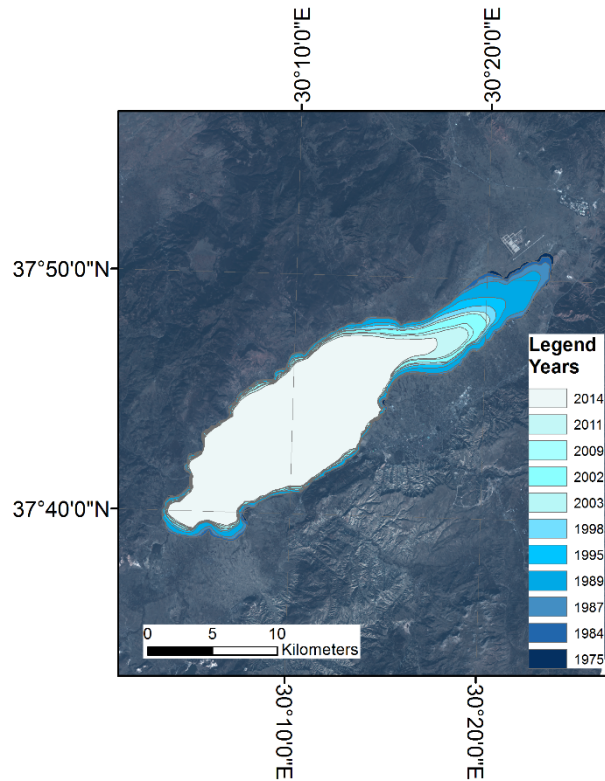
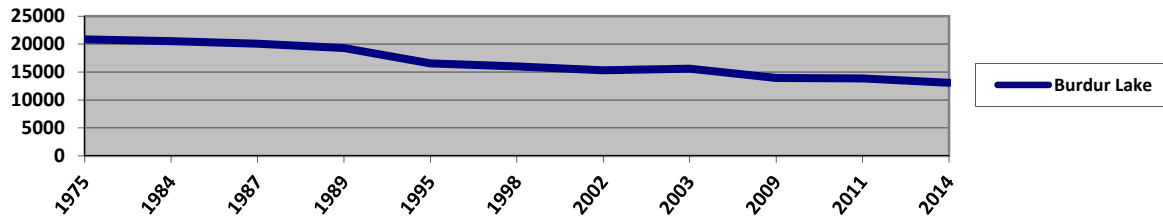


Fig. 2. Water surface decreasing

The water surface area values are examined for each year and the values are given in Table 1. The surface area of the Burdur Lake is 21050 ha in 1975 and 12177 ha in 2014. As can be seen in Table 1, the water level is getting decreased to the critical level.

Table 1. Water area compare (hectare)



The decreased bare lands than become agricultural land which are started from 2000's. While the water level is getting far away from the base line that determined in 1975, the salinity of the soil is getting decreased. Therefore, farming activities are being possible. Evaluating the Figure 3, the decreasing rate has the highest value between 1989-1995. Thus, the bare land can be determined easily in 1995 LANDSAT imagery.

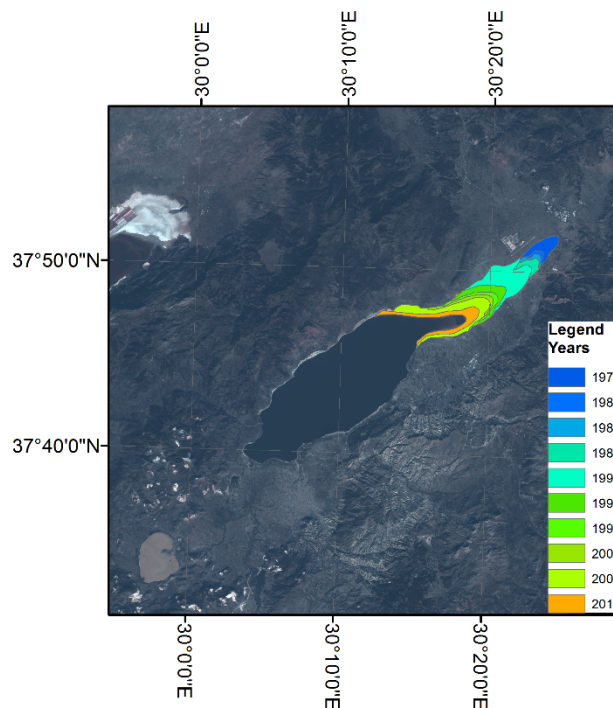


Fig. 3. Water basins that become bare lands

CONCLUSIONS

Monitoring the environmental changes have a vital importance to determine the future of the lands. It can be seen that the deformation of the environment and water resources are increasing year by year. The preventations, procedures and the limitations should be specified with multi-disciplinary projects. The irrigation, agricultural activities, industrial facilities and land use should be considered carefully to determine the solutions. Burdur Lake is an important part of the habitat and decreasing water level will cause the migration of the bird species from the region. The future projection of the lake can be considered with Geographical Information System aided spatial analysis to predict the situation.

References

1. Sari F., Tusat. E. Orchestrating Web Services to Monitor Environmental Parameters Dynamically Within Konya Basin Geoportal. 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Environment (2nd ICSAE) September 30 – October 3, 2015, Selcuk University Campus. Konya, Turkey, 2015
2. Maguire D. J. An Overview and Definition of GIS // Geographical Information Systems Principles and Applications. Vol. 1 / eds.: Maguire D. J., GoodChild M., Rhind D. Longman, London, 1992.
3. Burrough P. A., McDonnell R. A. Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford, 1998. 356 p.
4. Yassemi S., Dragičević S., Schmidt M. Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behavior // Ecological Modelling. 2008. Vol. 210 (1-2). P. 71–84.
5. Interactive visualization of marine pollution monitoring and forecasting data via a Web-based GIS / Kulawiak M., Prospathopoulos A., Perivoliotis L., Luba M., Kioroglou S., Stepnowski A. // Computers & Geosciences. 2010. Vol. 36. P. 1069–1080.
6. Yomralıoğlu T. Coğrafi Bilgi Sistemleri, Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Trabzon, 2000. 480 p. (in Turkish).
7. Wikipedia. URL https://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Burdur.

СЕКЦИЯ 3

«ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ (ПЛОДОРОДИЕ, ДЕГРАДАЦИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ, ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ)»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КУЗБАССА

Акинина А. Н.¹, Середина В. П.¹, Овсянникова С. В.²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
an.akinina@mail.ru, seredina_v@mail.ru

²Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово,
sv_ovsyannikova@mail.ru

Развитая угольная промышленность в Кузбассе оказывает существенное влияние на состояние почвенных и земельных ресурсов. В результате добычи полезных ископаемых значительная часть территории представлена техногенными ландшафтами. В связи с этим, проведение мониторинга состояния почвенных и земельных ресурсов является превентивной мерой для своевременного выявления нарушенных территорий с целью разработки эффективных технологий их восстановления и включения в биоценоз [5; 8].

Как известно [3; 9; 11], почвенные ресурсы включают в себя такие компоненты, свойства и выполняемые функции природных и антропогенно преобразованных, а также искусственных почв, которые используются или могут быть использованы для осуществления хозяйственной, культурной, духовной и иной деятельности человека, способствуют устойчивому развитию человеческой цивилизации при условии повышения качества жизни и сохранения человека как биологического вида, и имеют соответствующую потребительскую ценность. Причиной большого разнообразия и проявления процессов почвообразования на территории Кузбасса являются многие факторы [10]: сочетание ландшафтов с весьма различной мощностью и биологической продуктивностью, проявление влияния зональных и своеобразных местных, а зональных климатов, пестрота литологии и химизма материнских пород. На сравнительно малом пространстве, занимаемом областью, формируются отличные друг от друга в генетическом отношении горные и равнинные почвы. Среди них выделяются лесные почвы равнинных и горных ландшафтов, автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные почвы, а также почвы, формирующиеся при преимущественном воздействии лугово-степных биогеоценозов.

Северная часть территории характеризуется серыми лесными почвами, Кузнецкая котловина – выщелоченными и оподзоленными, среднemosными и мощными черноземами, горные массивы – дерново-подзолистыми почвами. Наиболее благоприятные природные условия для сельскохозяйственного производства складываются в центральных степных и лесостепных районах области. Черноземные почвы, в отличие от всех других почв, обладают самым высоким плодородием. Во многих районах области (Промышленновском, Беловском, Ленинск-Кузнецком, Юргинском, Прокопьевском) они составляют основной фонд пашни, в меньшем количестве встречаются в других районах.

Понятие земельные ресурсы, согласно ГОСТу 26640–85 [2], трактуется как «важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующаяся про-

странством, рельефом, климатом, почвенным покровом и комплексом других природных условий, являющаяся главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства». Среди областей и краев Западной Сибири Кузбасс выделяется относительно ограниченным земельным фондом – 9572,5 тыс. га [4]. На долю земель, представляющих в настоящее время сельскохозяйственные угодья, приходится лишь 27,8 % (табл.).

Таблица

Распределение земельного фонда области по категориям земель, тыс. га

Наименование категории земель	Площадь			% к площади земельного фонда
	2013 г.	2014 г.	2014/2013, ±	
Площадь в административных границах области	9572,5	9572,5	0	100
Земли сельскохозяйственного назначения	2668,1	2664,8	-3,3	27,8
Земли населенных пунктов,	391,5	391,5	0	4,1
<i>в том числе</i>				
Земли городских поселений	290,5	290,5	0	3,0
Земли сельских поселений	101,0	101,0	0	1,1
Земли промышленности, транспорта, связи и иного назначения	149,4	152,6	+3,2	1,6
Земли особо охраняемых территорий	814,5	814,5	0	8,5
Земли лесного фонда	5360,8	5360,9	+0,1	56,0
Земли водного фонда	27,0	27,0	0	0,3
Земли запаса	161,2	161,2	0	1,7

Земли сельскохозяйственного назначения. К данной категории отнесены земли, предоставленные различным сельскохозяйственным предприятиям и организациям для ведения сельскохозяйственного производства. Также к ним относятся земельные участки, предоставленные гражданам для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, животноводства, сенокошения и выпаса скота. Кроме того, к категории земель сельскохозяйственного назначения отнесены земли, выделенные казачьим обществам и родовым общинам. За 2014 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения уменьшилась на 3,3 тыс. га и составила 2664,8 тыс. га. Уменьшение произошло в связи с переводом 3,2 тыс. га для промышленных нужд в земли промышленности и с включением 0,1 тыс. га в границы земель населенных пунктов.

Земли населенных пунктов. В соответствии с действующим законодательством данная категория включает земли, расположенные в пределах черты (границы) городских и сельских населенных пунктов. В течение года произошло увеличение площади населенных пунктов в Новокузнецком районе на 0,1 тыс. га и уменьшение на 0,1 тыс. га в Кемеровском районе. По состоянию на 31.12.2014 земли населенных пунктов занимают площадь 391,5 тыс. га. По сравнению с предшествующим годом площадь земель данной категории в целом по области не изменилась.

Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения. В данную категорию включены земли, которые используются и предназначены для обеспечения деятельности организаций и эксплуатации объектов промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, объектов обороны и безопасности, осуществления иных специальных задач. Общая площадь этих земель в области составила 152,6 тыс. га. По сравнению с 2013 г. площадь земель промышленности увеличилась на 3,2 тыс. га. Увеличение произошло в связи с переводом земель сельскохозяйственного назначения в земли промышленности для промышленных нужд.

Земли особо охраняемых территорий и объектов. В соответствии с действующим законодательством к землям особо охраняемых территорий относятся земли природоохранного, рекреационного, оздоровительного и историко-культурного назначения. На территории области расположены Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау», заповедник историко-культурного наследия «Томская писаница», Шорский национальный парк, множество санаториев-профилакториев, домов отдыха, спортивно-оздоровительных учреждений. По сравнению с предыдущим годом, площадь земель данной категории не изменилась и составила 814,5 тыс. га.

Земли лесного фонда. В соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации, а также Земельным кодексом Российской Федерации к землям лесного фонда относятся лесные и нелесные земли, предназначенные для ведения лесного хозяйства. На 31.12.2014 площадь земель лесного фонда составила 5360,9 тыс. га, за отчетный период площадь земель увеличилась на 0,1 тыс. га в связи с переводом земель населенных пунктов в категорию земель лесного фонда.

Земли водного фонда. К землям водного фонда, согласно Земельному кодексу Российской Федерации, относятся земли, занятые поверхностными водными объектами, а также земли, занятые гидротехническими и иными сооружениями, расположенными на водных объектах. По сравнению с 2013 г. площадь земель водного фонда не изменилась и на 31.12.2014 составила 27,0 тыс. га.

Земли запаса. По состоянию на 31. 12. 2014 площадь земель данной категории не изменилась и составила 161,2 тыс. га.

Распределение земельного фонда Кузбасса по угодыям представлено на рисунке. Более половины земельных ресурсов области (65 %) занято лесами и древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд, 27,8 % – сельскохозяйственными угодыями. На долю земель под водами и болотами, застройками, дорогами, нарушенными ландшафтами и других земель приходится 7,2 %, из которых нарушенными занято 0,8 %.

Согласно статистическим данным [6] площадь нарушенных земель по состоянию на 31.12.2014 составила 76,3 тыс. га. Деградационные процессы в Кузбассе приобретают особую актуальность, поскольку экстенсивное развитие промышленности привело к развитию экологического кризиса, охватившего все аспекты природопользования. В настоящее время в регионе около 70 % площади почвенного покрова земледельческой части в той или иной степени дегради-

ровано, около 100 тыс. га уничтожено полностью. В 2014 г. рекультивировано 1,264 тыс. га, что составило 62,3 % от площади нарушенных земель. В ходе проведения рекультивационных мероприятий важная роль отводится биологическим методам [7].

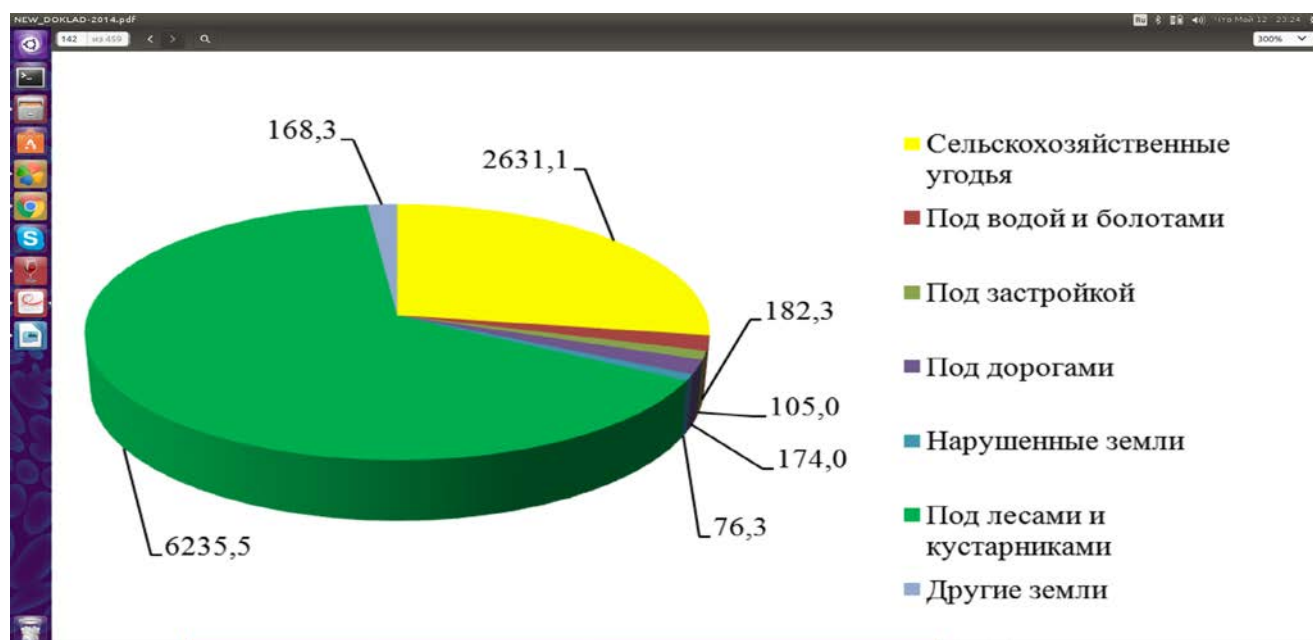


Рис. Распределение земельного фонда области по угодьям, тыс. га

Почти треть всей площади нарушенных земель представлена техногенной пустыней с неудовлетворительным экологическим состоянием и только не многим более десятой части территории характеризуется хорошим экологическим состоянием [1]. Большой негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кузбасса вносят горнодобывающие предприятия, особенно при открытой добыче угля, с образованием в зоне действия техногенных ландшафтов. Основные нарушения территории при открытой добыче угля связаны с созданием карьеров и отвалов пустой породы. В процессе добычи полезных ископаемых на дневную поверхность выносятся значительные объёмы вскрышных пород, в результате чего формируются новые по своему генезису техногенные ландшафты со своеобразным рельефом, обусловленным технологией разработки месторождения, микроклиматом и составом почвообразующих пород. Сформированные ландшафты характеризуются специфическими условиями почвообразования, которые приводят к формированию своеобразного почвенного покрова с набором молодых почв – эмбриоземов, отличающихся от почв естественных биогеоценозов.

Литература

1. Андроханов В. А., Курачев В. Н. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Изд-во СО РАН. 2010. 224 с.
2. ГОСТ 26640–85 Земли. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 17.5. 1.05-80; введ. 1985-10-28. М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1985. 12 с.
3. География использования почв и земельных ресурсов России / Г. В. Добровольский, С. А. Шоба, И. С. Урусевская, И. О.Алябина // Агроэкологическое состояние и перспективы

использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота : материалы Всерос. науч. конф. 13–14 мая 2008 г. 2008. С. 30–44.

4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году [Электронный ресурс] / Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области. URL: http://ecokem.ru/wpcontent/uploads/2015/08/NEW_DOKLAD-2014.pdf (дата обращения: 11.05.2016).

5. Овсянникова С. В., Середина В. П., Шайхутдинова А. Н. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Кузбасса: состояние и экологическая оценка. Кемерово : Изд-во КузГТУ. 2016. 246 с.

6. Приказ Федеральной службы государственной статистики от 29.12.2012 № 676 «Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере природопользования федерального статистического наблюдения за рекультивацией земель, снятием и использованием плодородного слоя почвы»

7. Экологические аспекты биологической рекультивации техногенных экосистем Кузбасса / В. П. Середина, В. А. Андроханов, Т. П. Алексеенко, Л. Н. Сысоева, Т. И. Бурмистрова, Н. М. Трунова // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2008. № 2(3). С. 61–71.

8. Середина В. П., Овсянникова С. В., Шайхутдинова А. Н. Оценка буферной способности почв опорных пунктов мониторинга Кузбасса по отношению к тяжелым металлам // Аграрная наука, образование, производство: актуальные вопросы : сб. тр. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2014. С. 299–302.

9. Смагин А. В., Шоба С. А., Макаров О. А. Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2008. 360 с.

10. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния РАН, 2013. 476 с.

11. Почвы в системе природных ресурсов России / С. А. Шоба, И. О. Алябина, В. С. Столбовой, А. С. Яковлев // Использование и охрана природных ресурсов в России. Информ.-аналит. бюл. 2005. № 1. С. 56–62.

MODERN STATE SOIL'S AND LAND'S RESOURCES OF KUZBASS

Akinina A. N.¹, Seredina V. P.¹, Ovsyannikova S. V.²

*¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,
an.akinina@mail.ru, seredina_v@mail.ru*

*²T. F. Gorbachev's Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia,
sv_ovsyannikova@mail.ru*

Summary. The intensive development of the mining industry both open pit and underground mining on the territory of Kuzbass leads to disruption of the integrity of natural ecosystems, the alienation and degradation soil's and land's resources and contamination. As a result of mining a large part of the territory occupied by man-made landscapes.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДОБЫЧИ НЕКОТОРЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА Р. ОНОН

Белозерцева И. А.^{1,2}, Шеховцов А. И.¹, Лопатина Д. Н.¹

¹Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

²Иркутский государственный университет, Иркутск, belozia@mail.ru

Летом 2013–2014 гг. проведены комплексные экспедиции в бассейне р. Онон в пределах Акшинского и Кыринского административных районов Забайкальского края, и дана оценка современного состояния природно-антропогенной среды Юго-Восточного Забайкалья. Особое внимание уделялось антропогенным ландшафтам у рудника Любовь (добыча золота), у Хапчерангинского месторождения оловянных и полиметаллических руд, в районе добычи россыпей олова Былыринской группы, на территории добычи золота. Всего заложено более 150 почвенных разрезов, и отобрано около 600 проб вод, почв и грунтов. Химические анализы почв определялись общепринятыми методами в лицензированном химико-аналитическом центре ИГ СО РАН. В работе принимали участие сотрудники Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН и студенты ИГУ.

Результаты полевого обследования и химического анализа показали, что вода большинства рек фоновой территории имеет низкий уровень загрязненности и обладает хорошим питьевым качеством. Вода большинства водотоков имеет суммарную минерализацию менее 100 мг/дм³ и по классификации О. А. Алекина относится к водам гидрокарбонатного класса группы кальция III и II типа. Исключение составляет р. Дунда-Хонгорун, воды которой относятся к сульфатному классу группы кальция II типа и имеют минерализацию 689,9 мг/дм³. Также повышенной минерализацией отличается вода р. Хурултей (417,5 мг/дм³). Она хоть и относится к классу гидрокарбонатных вод группы кальция II типа, но имеет более высокое содержание сульфат-ионов относительно остальных рек (кроме р. Дунда-Хонгорун). Микроэлементный состав вод изучаемых рек фоновой территории в основном достаточно ровный – большинство микроэлементов (хром, никель, кобальт, свинец, бериллий, кадмий, серебро и мышьяк) показали содержания, не превышающие пределов их обнаружения. Но некоторые из них все же имеют более высокие концентрации. Так, например, по ванадию наблюдается стабильное превышение ПДК_{вр} от 3 до 7, меди – от 2 до 7 раз. Подобные высокие содержания этих элементов отмечаются практически во всех опробованных водотоках и, по-видимому, являются региональной особенностью химического состава вод. У отдельных рек отмечается значительное превышение содержания стронция: Дунда-Хонгорун (1580 мкг/дм³), Хурултей (603), Учирка (308) и Тырин (164 мкг/дм³). Кроме того, вода рек Дунда-Хонгорун и Хурултей имеет относительно более высокое содержание бария, а р. Тырин – цинка (до 2,1 ПДК_{вр}).

Более всех загрязнены реки Бальджа, Король и Киркун, где в данное время ведется добыча золота. Воды дренажных стоков р. Бальджа превышают ПДК_{вр} алюминия в 89 раз, железа – в 31 раз, марганца – в 11 раз, цинка – в 1,3 раза, ванадия – в 23 раза, титана – в 10 раз. Воды р. Киркун ниже по течению от артели (более 5 км) имеют высокие содержания алюминия, превышающие ПДК_{вр} в 25 раз, железа – в 3,2 раза, марганца – в 2 раза, ванадия – в 27 раз. Воды р. Король содержат повышенные концентрации цинка (1,6 ПДК_{вр}) и ванадия (27 ПДК_{вр}). Вода мутных дренажных стоков в верховьях р. Бальджа гидрокарбонатно-сульфатная хлоридно-кальциевая, имеет концентрацию взвешанных веществ 144 мг/дм³, что превышает их предельно допустимую концентрацию для хозяйственно-питьевого водоснабжения (0,25 мг/дм³) в 576 раз.

По результатам исследования физико-химических свойств почв в приграничной с Монголией территории бассейна р. Онон выявлено их подщелачивание в почво-грунтах после добычи золота и олова. Хотя на территории около пос. Хапчеранга добыча олова уже не ведется более 40 лет, в грунтах до сих пор не заросших отвалов обнаружено повышенное содержание железа, марганца, меди, свинца, кадмия и цинка. Содержание марганца здесь превышает ПДК в 1,8 раз, а свинца – в 11. Концентрации цинка превышают ОДК в 7,8 раз, кадмия – в 18 раз, а меди – в 2,5 раза их фоновые значения. В районе отвалов после добычи золота, которое было прекращено также более 20 лет тому назад (рудник Любовь) в грунте отвалов данное время наблюдается повышенное содержание марганца и бария, превышающее их фоновые концентрации в 1,6–3 раза. Около с. Верхний Стан (р. Хурултей) в районе месторождения флюорита и олова в грунтах заброшенных отвалов наблюдается повышенное содержание свинца, превышающее ПДК в 1,7 раза. В аллювиальной гумусовой почве долины р. Тырин в районе около бывшего гонобогатительного производства также наблюдается повышенное содержание свинца, превышающее ПДК в 2 раза (табл.).

В районах действующих горнообогатительных производств в долине рек Бальджа, Король и Киркун также наблюдаются повышенные содержания макро и микроэлементов. В районе отвалов после добычи золота обнаружено повышенное содержание марганца (1,3 ПДК), стронция (2,4 Кларка литосферы), ванадия (1,7 Кларка литосферы).

Таблица

Содержание макро- и микроэлементов в почвах бассейна р. Онон в пределах Кыренского и Акшинского районов Забайкальского края

№ пл.	Местоположение	Почвы	Гори-зонт	pH	Гу-мус, %	Fe	Ca	Mg	Ti	Mn	Ba	Cu	Ni	Sr	Co	Cr	V	Pb	Cd	Zn
						%				мг/кг										
1	Долина р. Тырин	Аллювиальная гумусовая	АУ	5,6	11,5	2,2	0,5	0,8	0,5	725	511	23	20	446	7	52	92	70	3,1	27
2	Пойма долины р. Киркун	Аллювиальная темногумусовая	AU	7,0	20,1	3,9	0,6	1,1	0,6	1332	585	28	39	505	14	54	104	18	2,6	30
3	Долина р. Бальджа, в 7 км от артели	Подбуры	Оао	5,4	15,1	3,5	0,6	1,3	0,6	1951	674	40	39	626	20	57	102	10	2,0	16
			BHF	7,0	0,6	3,8	0,5	1,3	0,7	1172	568	43	37	513	26	68	127	26	2,9	28
6	Пойма р. Бальджа, в 5 км от артели	Аллювиальная торфяно-глеевая	ТН	6,7	–	3,9	1,1	1,5	0,8	1909	642	49	32	803	15	73	153	8	2,8	41
7	Пойма р. Бальджакам	Аллювиальная гумусовая	АУ	6,9	11,6	3,5	0,6	1,6	0,7	1197	548	35	23	736	11	61	131	9	3,0	45
8	Пойма р. Король	Грунт (отвалы после добычи золота)	С	7,3	0,6	3,5	0,7	1,4	0,7	1607	626	24	31	696	15	61	127	10	2,6	34
9	Долина р. Киркун	Аллювиальная гумусовая	АУ	7,1	10,9	3,8	0,8	1,4	0,7	1277	597	25	40	546	15	80	96	9	3,2	40
12	Долина р. Тарбальджей	Аллювиальная темногумусовая	AU	6,3	5,8	2,4	1,6	1,8	0,35	793	548	43	21	142	5	66	45	25	2,9	110
14	7 км от пос. Любовь (долина р. Дунда-Хонгорун)	Грунт (отвалы после добычи золота)	С	7,9	0,6	3,0	1,2	1,9	0,43	1545	734	32	24	91	11	57	58	18	2,8	41
22	Около пос. Хапчеранга	Грунт (отвалы после добычи олова)	С	7,9	1,3	4,9	3,3	2,3	0,33	2711	184	115	22	109	12	58	40	353	36,1	1727
24	Долина р. Хурултей у пос. Верхний Стан	Грунт (отвалы после добычи олова и флюорита)	С	6,6	1,3	3,0	1,2	2,1	0,43	882	592	74	22	122	11	63	43	54	6,2	161
Кларк по Виноградову		литосфера		-	-	4,7	3,0	1,9	1000	500	700	47	58	340	18	83	90	16	0,2	83
		кислые породы		-	-	2,7	1,6	0,6	600	200	800	20	8	300	5	25	40	20	0,1	70
ПДК [ГН 2. 1. 7. 2041–06, 2006]				-	-	-	–	–	–	1500	–	–	–	–	–	–	150	32	–	–
ОДК для почв с pH < 5,5; pH > 5,5 [ГН 2. 1. 7. 2042–06, 2006]				-	-	-	–	–	–	–	–	66	40	–	–	–	–	65	1	110
				-	-	-	–	–	–	–	–	–	132	80	–	–	–	–	130	2

Загрязнение поверхностных вод и почв происходит в результате поднятия на поверхность и промывания пород, обогащенных макро и микроэлементами. Месторождения имеют комплексный состав. В перечне цветных металлов в недрах Забайкальского края доминирует медь. Попутными компонентами являются никель, кобальт, платина, золото, серебро и другие металлы. Из более чем 700 месторождений и проявлений свинца и цинка около 500 располагается в пределах ураново-золото-полиметаллического пояса. Для свинцово-цинковых руд характерен их поликомпонентный состав (свинец, цинк, серебро, золото, кадмий, медь, индий, таллий, висмут, теллур, селен и др.). Кроме этого в Забайкальском крае имеются месторождения молибдена, вольфрама, сурьмы, ртути, олова. Некоторые месторождения слабо изучены, а некоторые заброшены. В данное время активно ведется добыча золота.

Согласно сведениям краевого министерства сельского хозяйства Забайкальского края от 2010 г., из последних 13 лет девять были засушливыми. Благоприятными для растениеводства были 2004, 2008 и 2009 гг. Летом 2010 г. в десяти районах Забайкалья (Кыринском, Ононском и др.) синоптики констатировали почвенную засуху как опасное явление. Здесь дневные температуры доходили до $+40^{\circ}\text{C}$, а почва прогревалась до $+61^{\circ}\text{C}$. В середине июля при температуре воздуха $+31^{\circ}\text{C}$ и низкой влажности температура почвы составляла около $+40^{\circ}\text{C}$. В 2011 г. в связи с засухой был объявлен режим чрезвычайной ситуации в Акшинском и других районах. Самая серьезная ситуация сложилась на юго-востоке края, где за лето выпало наименьшее количество осадков. Атмосферная и почвенная засуха стали причиной снижения уровня грунтовых вод. Так, в большинстве населенных пунктов на юго-востоке Забайкалья из колодцев ушла вода. Последний раз подобная засуха отмечалась в Забайкальском крае с июня по август 2007 г. Кроме того, засуха стали причиной гибели березняков на обширных площадях [1; 2].

В Среднем Прионье процессами усыхания затронуты в основном березняки островного типа. Часть березняков погибла в подножьях склонов и в предгорьях хребтов Становик, Онон-Бальджинский и Эрмана. Их усыхание свидетельствует о нарушении сложившегося гидрогеологического режима и изменении экологического состояния ландшафтов вследствие засух, когда прервался процесс накопления осенних и позднелетних запасов почвенной влаги.

Большая часть территории лесов бассейна р. Онон была подвержена пожарам. Лесные пожары являются существенным фактором, влияющим на формирование и развитие лесных экосистем. При сильном прогорании органогенного горизонта усиливается задернованность почвы, понижается уровень мерзлоты, активизируются процессы эрозии. Уничтожение лесного полога ведет к повышению нагрева поверхности и ускорению оттаивания мерзлоты, в результате чего в отрицательных формах рельефа усиливается заболачивание. В лесостепных ландшафтах после полного выгорания древесной растительности наблюдаются процессы остепнения. Природную обстановку на территории исследования в лесопожарном отношении можно считать экстремальной. Сильные ветры весенне-летнего периода, преобладание лесов с легковоспламеняющимися подлеском и опадом усугубляют пожароопасную ситуацию.

Очевидно, что рекультивация на отработанных участках не проводилась. Естественное же восстановление растительности в следствие выше указанных причин, к которым можно добавить также почвенную засуху, идет здесь чрезвычайно медленно. Так добыча олова на месторождениях участка «Былыра» была прекращена в 70-е гг. На сегодняшний день заброшенные участки представляют собой территории с бугристо-западинным рельефом и практически лишены растительности. Лишенная растительного покрова поверхность отвалов очень сильно прогревается на солнце, а сыпучие, крупнозернистые грунты не способны удерживать влагу в достаточном для развития растительности количестве.

На золоторудном месторождении пос. Любовь ситуация осложняется тем, что территория расположена в степной зоне, где в условиях открытых и сухих пространств естественное возобновление растительности происходит еще медленнее. На всех рассмотренных нами участках было отмечено значительное участие рудеральных и синантропных видов в растительном покрове. Это лишь подтверждает то, что естественные фитоценозы еще не успели восстановиться, а антропогенное влияние на них, пусть уже не такое сильное, еще осталось.

На исследованных нами участках (реки Тырин, Бальзир, Бальджа, Киркун) работы по восстановлению нарушенных земель не проводились. Так в бассейне р. Бальджа на обследованных нами отвалах возрастом около 30 лет сейчас восстановилась лишь небольшая часть видов растений. Список растений нарушенных земель по р. Бальджа включает 15 видов, что составляет менее 10 % растений, произраставших на данной территории до вмешательства человека. Основная часть видов относится к группе синантропных и рудеральных растений. Авторы сердечно благодарят всех участников летних экспедиций в Юго-Восточном Забайкалье. Работа проведена в рамках выполнения интеграционного проекта СО РАН № 23.

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2011 год. Чита: Экспресс-изд-во, 2012. – С. 31.
2. Обязов В. А. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. Чита : Экспресс-изд-во, 2012. С. 33.

ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF SOME RARE EARTH ELEMENTS EXTRACTION IN THE TERRITORY OF ONON RIVER BASIN

Belozertseva I. A.^{1,2}, Shekhovtsov A. I.¹, Lopatina D. N.¹

¹*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, belozia@mail.ru*

Were conducted landscape and geochemical works in the Onon river basin within the Aksha and Kyra administrative districts of Transbaikalia in 2013 – 2014. All rivers Baldzha, Korol and Kirkun, where is conducted the extraction of gold at present are more polluted. Waters of drainage drains rivers Baldzha exceed maximum concentration limit Al in 89 times, Fe in 31 times, Mn in 11

times, Zn in 1,3 times, V in 23 times, Ti in 10 times. Though in territory about settlement Hap-cheranga extraction of tin is not conducted more than 40 years any more, in soils till now not overgrown piles raised maintenance Fe, Mn, Cu, Pb, Cd and Zn is revealed. In the pile area after gold extraction, which has been stopped also more 20 years ago (mine Lubov) in a ground of piles given time is observed raised maintenance Mn and Ba. In areas of operating ore dressing manufactures in a valley of the rivers Baldzha, Korol and Kirkun the raised maintenances macro- and microelements also are observed. Pollution of superficial waters and soils occurs as a result of a raising on a surface and washing of breeds, enriched with macro- and microelements. Deposits have complex structure. It is obvious, that recultivation on the fulfilled sites it was not spent. Natural restoration of vegetation in consequence above the specified reasons to which it is possible to add also a soil drought, goes here extremely slowly.

ENRICHMENT FACTOR OF SOME HEAVY METAL IN ULAANBAATAR SURFACE SOIL

**Byambasuren Ts.¹, Shabanova E. V.², Vasilyeva I. E.²,
Khuukhenkhuu B.¹, Tsedenbaljir D.¹**

¹Institute of Physics and Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia, ts_byambasuren@yahoo.com

²Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, shev@igc.irk.ru

INTRODUCTION

Accumulated in soil heavy metal will increase potential risks to environment and population [1, 2]. Therefore, the assessment of heavy metals pollution in soil is significant to human health and environment. In the last decades, environmental pollution in Ulaanbaatar has become a major concern. Particularly, Ulaanbaatar surface soils, as well as other large megalopolises, are exposed to anthropogenic impact. In Ulaanbaatar the main sources of soil contamination are TPP and boiler-houses in yurt building areas, throwing into the atmosphere of combustion products of brown coal [3; 4]. Main purpose of this study is to assess the heavy metal pollution levels and to distinguish between anthropogenic and naturally occurring sources of heavy metals in Ulaanbaatar surface soil. To achieve this goal we have been to solve the following tasks:

- 1) to determine the total concentration of heavy metal in urban surface soil
- 2) to assess the soil contamination degree with heavy metals by applying the enrichment factor (EF)

OBJECT AND METHODS

Soil sampling Was collected all of 324 surface samples by “envelope” method from the 0–10 cm upper layer according to the standards [5, 6]. The soil sampling points are shown in the Fig. 1.

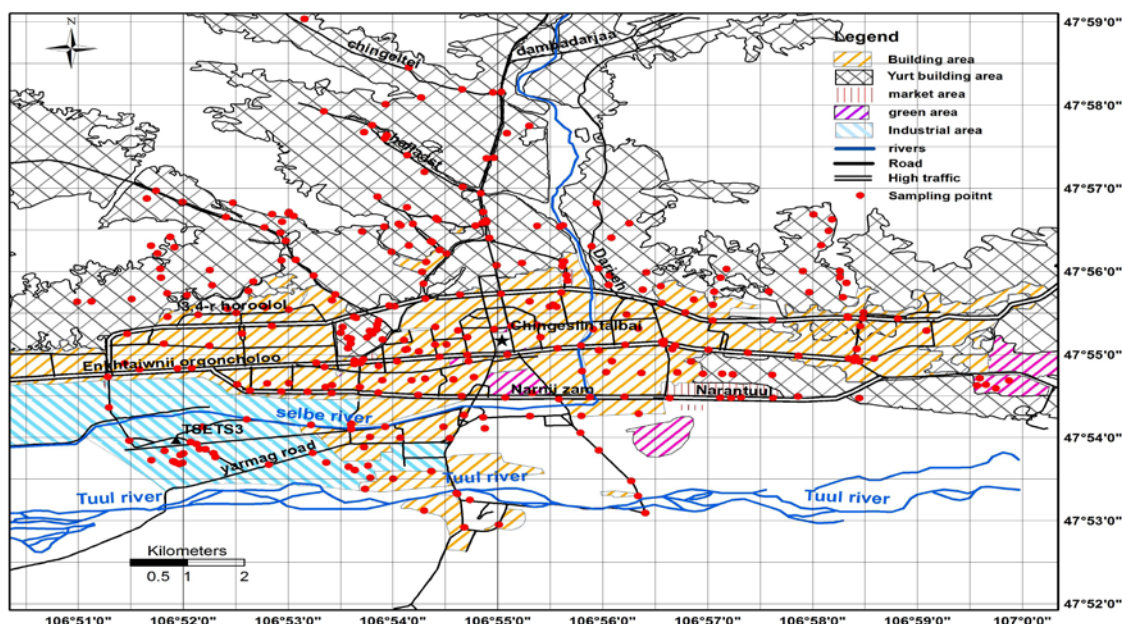


Fig. 1. Sampling locations in Ulaanbaatar territory

Soil samples were dried at room temperature in air-dry condition and the large inclusions such as stones, glass, and plant roots were removed then sieved and grounded on the instrument Fritsch.

Determination of element content Total Mn, Ni, Co, Cr, Cu, Pb, Zn and Cd contents were analyzed by AES with a. c. arc discharge and evaporation of samples by injection-spilling at IGC SB RAS [7, 8]. The "Potok" semi-automatic device (VMK-Optoelectronic Ltd, Russia), in order to input 150 mg of solid sample in alternative current arc discharge, and "DFS-458" diffraction spectrometer (KOMZ, Russia) with "MAES" photoelectric arrays (VMK-Optoelectronic Ltd, Russia) were used. The spectra were processed via "ARDES" software (Spectr-Inform Ltd, Russia).

Pollution assessment methods Coefficients of variation (CVs), skewness values, pollution index and the enrichment factors (EFs) were calculated using the original dataset. The CVs and the skewness values were used to highlight the spatial distribution of the element concentrations in the study area. The pollution index was calculated in relation to geochemical background concentrations of Mongolia [9]. The EF was used to identify a natural or anthropogenic enrichment of HM in soil and was calculated as follows:

$$EF = \frac{(C_i / Al)_{samples}}{(C_i / Al)_{background}}$$

C_i – is the concentration of the examined element 'i' in the surface soil. In this study, Al was selected as the reference element because it has the smallest CV (13 %, data shown in Tab. 1.). Five contamination categories are recognized on the basis of the enrichment factor: $EF < 2$ states deficiency to minimal enrichment; $2 \leq EF \leq 5$, moderate enrichment; $5 \leq EF \leq 20$, significant enrichment; $20 \leq EF \leq 40$, very high enrichment; and $EF > 40$, extremely high enrichment [10, 11].

RESULTS AND DISCUSSION

The heavy metal concentrations and pollution level. Total concentration of heavy metals was used to assess pollution level and to identify the pollution source. The descriptive statistics of heavy metals concentrations, regional background value and maximum permissible concentration according to standard in Mongolia [12] were presented in the Table 1.

The significant differences between values of central tendency having wide range was found for Cu, Pb, Zn, Cr, Cd. These elements also show high pollution index and where more than 53 % of samples exceed their background levels. The higher values of skewness of Cu, Pb, Cr, Zn, Mn distributions are mainly due to the presence of the extremely high values of metal in some soil samples. In addition, Shapiro-Wilk (S-W $p > 0.05$) normality test results that all investigated heavy metals have not Gaussian distribution. In the present study, all heavy metal concentrations except Zn are found lower than maximum permissible concentration (MPC).

Table 1

The range, mean, geomean and median of the total concentration of heavy metals (mg/kg), background value (C_{BG} , mg/kg), maximum permissible concentration (MPC, mg/kg), pollution index (PI) and percentage of number of samples exceeding the C_{BG} (%)

Element	Dispersion				Skewness	Normality test	The central tendency (mg/kg)			MPC	C _{BG}	PI=C _{GM} /C _{BG}	Number of samples (CGM > CBG) in %
	range(mg/kg)		σ (mg/kg)	V (%)			S-W, p	μ	C _{Me}				
	Min	Max											
Cu	17	1400	82	171	14	0.00	48	39	41	60-80	25	1.6	94
Pb	19	1370	110	164	10	0.00	67	50	51	70-50	20	2.6	98
Cr	24	960	60	101	12	0.00	59	51	53	60-100	45	1.2	72
Zn	61	1600	115	77	9	0.00	149	130	135	100-50	60	2.3	100
Mn	360	5500	406	65	11	0.00	629	580	594	-	710	0.8	7
Cd	0.36	3.10	0	50	3	0.00	1	0.72	1	1.00	1	0.8	17
Co	4	34	4	32	1	0.00	12	12	11	30-40	18	0.6	4
Ni	15	73	9	24	1	0.00	35	34	34	60-100	33	1.0	53

Analysis of enrichment factor The distributions of EF for the heavy metals are summarised in Table 2. Based on the median EF values of the investigated heavy metals, the surface soil were contaminated in the order $Pb > Zn > Cu > Cr > Ni > Mn > Cd > Co$. The EFs for Co, Mn, Ni, Cd were less than 2 in most samples, indicating that these elements accumulated in surface soil due to natural weathering processes, the enrichment factor of Cu, Cr were in deficiency to minimal enrichment category. While median value of enrichment factor for Pb and Zn found above 2.2, indicating that surface soil is moderately polluted by these elements due to human related activities.

Table 2

Enrichment factor of surface soils calculated from local background content and with Al as reference element

Element	EF					Number of samples				
	V, %	Min	Max	μ	Me	EF < 2	2 < EF < 5	5 < EF < 20	20 < EF < 40	EF > 40
Ni	37	0.43	3.15	1.12	1.08	87	4	-	-	-
Co	46	0.24	2.69	0.74	0.68	90	1	-	-	-
Cr	188	0.55	30.38	1.65	1.17	76	14	-	1	-
Pb	209	0.88	66.81	4.48	2.32	34	46	8	1	2
Cu	198	0.73	49.84	2.8	1.71	57	28	4	1	1
Zn	106	1.05	28.13	2.86	2.25	36	49	6	1	-
Cd	69	0.38	4.69	1.06	0.79	83	8	-	-	-
Mn	100	0.49	9.04	1.09	0.89	88	1	2	-	-

Linear regression analysis The EF results of all of metal in surface soil samples were tested by using linear regression models. The results of linear regression analysis given in Tab. 3 and on Fig. 2.

Linear regression relationships between studied metals and ratio C_i/Al

Element	regression equation	Statistic		
		r	r ²	p
Mn	$y = -0.4234 + 1.3127 x$	0.7119	0.5068	0.0000
Ni	$y = -0.6191 + 1.7189 x$	0.5844	0.3415	0.0000
Cd	$y = -1.2357 + 2.2813 x$	0.5049	0.2549	0.0000
Co	$y = -0.1118 + 0.8219 x$	0.4375	0.1914	0.0000
Cu	$y = -0.1495 + 2.1262 x$	0.2546	0.0648	0.0161
Zn	$y = 0.4664 + 2.2813 x$	0.2288	0.0523	0.0301
Pb	$y = 1.2464 + 1.529 x$	0.109	0.0119	0.3121

The linear regression analysis results showed that, Mn, Ni and Cd showed good correlation with Al ($r=0.71$; 0.58 and 0.50 , respectively) and indicating that Mn, Ni and Cd in occurred in soil due to lithogen and pedogen process. While Zn and Pb exhibit much very low correlation with Al ($r=0.22$ and 0.10 , respectively).

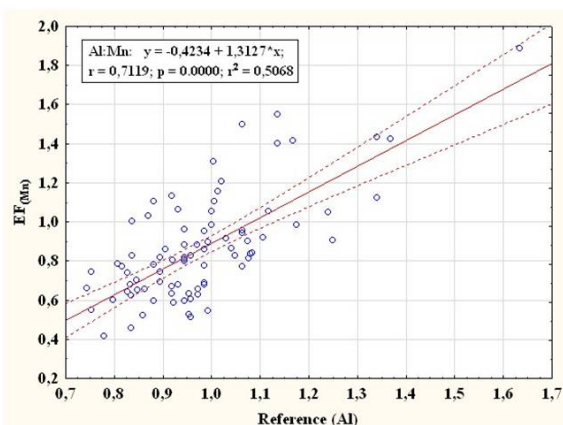


Fig.2. Dependence of EF (Mn) and reference (Al)

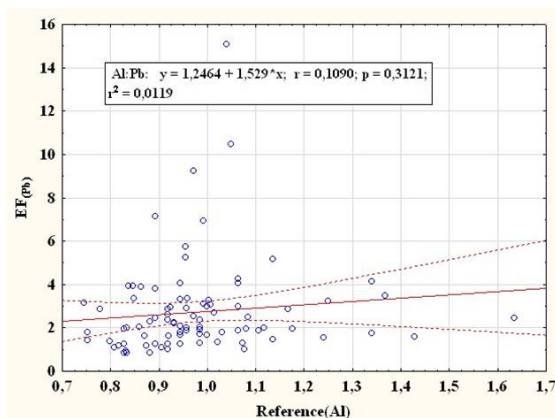


Fig.3. Dependence of EF (Pb) and reference (Al)

Poor correlation of these elements with aluminum confirms that, these elements have accumulated in the soil surface due to human activity.

CONCLUSION

In this paper we presented the results of the distribution and distinguish between anthropogenic and naturally occurring sources of some heavy metals in the surface soil. In Ulaanbaatar surface soil, all the investigated heavy metals unevenly distributed and the concentrations for Mn, Zn, Cr, Pb, Cu, Ni, Co and Cd were 594.16, 135.07, 53.19, 51.44, 40.56, 34.14, 11.35 and 0.75mg/kg respectively. Cu, Pb, Zn, Cr, Cd show high pollution index and more than 53 % of samples exceed their background levels. All heavy metal concentrations except Zn are found lower than maximum permissible concentration (MPC).

Based on the median EF values of the investigated heavy metals, the surface soil were contaminated in the order $Pb > Zn > Cu > Cr > Ni > Mn > Cd > Co$. Ulaanbaatar surface soil Co, Mn, Ni, Cd accumulated in surface soil due to natural weathering

processes, Cu, Cr were in deficiency to minimal enrichment category, while median value of enrichment factor for Pb and Zn found above 2. 2, indicating that surface soil is moderately polluted by these elements due to human related activities.

ACKNOWLEDGMENT

This research was carried out in the framework of joint research between Institute of Physics and Technology MAS Mongolia and A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Russia.

Reference

1. Alloway BJ. Heavy metals in soils. London: Blackie; 1990.
2. Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants 2nd edition. Boca Raton, Florida7 CRC Press; 1992
3. Kosheleva N. E., Kasimov N. S., Bazha S. N., Gunin P. D., Golovanov D. L., Yamnova I. A., Enkh-Amgalan S. Contamination of soil with heavy metals in the industrial centers of Mongolia // Vestnik. Moscow University, Geography. 2010 (3). p. 20–27.
4. Byambasuren Ts., Otgontuul Ts., Shabanova E. V., Proydakova O. A., Vasilyeva I. E., Khuukhenkhuu B., Tsedenbaljir D. Spatial distribution of heavy metal contamination in urban soil of Ulaanbaatar // Proc. 11th International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Mega City in Asia – USMCA2012, 10–12 October 2012, Ulaanbaatar, Mongolia
5. ISO 10381- 2008: Soil quality, Sampling, Part 1–5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination.
6. MNS 3298–90 Soil quality, Sampling, Part 1–5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination.
7. Safronova, N., Mazo, G., Korobeinik, G., Shepeleva, E., Zhiltsova, L. (2004). Application of atomic spectrometric methods coupled with gas chromatography for geochemical exploration. *Geostandards and Geoanalytical Research*, doi: 10. 1111/j. 1751–908X. 2004. tb00744. x
8. Labusov, V. A., Garanin, V. G., Shelpakova, I. R. (2012). Multichannel analyzers of atomic emission spectra: current state and analytical potentials. *J. Analyt. Chem.*, 67(7), 632–641.
9. Byambasuren Ts., Shabanova E. V., Proydakova O. A., Vasilyeva I. E., Khuukhenkhuu B., Otgontuul Ts., Gunicheva T. N. Study of pollution of the Ulaanbaatar urban areas // Proc. All-Rus. Conf. "Modern problems of Geochemistry", 22–26 October 2012. Irkutsk, Russia. Vol. 1, p128–131.
10. Blaser P., Zimmermann S., Luster J. & Shotyk W. Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. *Science of the Total Environment*, 2000(249) 257–280
11. Sutherland R. A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 2000 (39) 611–627.
12. MNS 5850 : 2008, Soil quality. Soil pollutants elements and substance

ФАКТОР ОБОГАЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОВЕРХНОСТНОЙ ПОЧВЕ Г. УЛАН-БАТОРА

Ц. Бямбасүрэн¹, Б. Хүүхэнхүү¹, Е. В. Шабанова²,
И. Е. Васильева², Д. Цэдэнбалжир¹

¹ Институт Физики и Технологии, Академия наук Монголии, г. Улан-Батор
e-mail: ts_byambasuren@yahoo.com

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А. П. Виноградова СОРАН, г. Иркутск

Аннотация. В данной работе представлены результаты распределения тяжелых металлов, антропогенное и природное различия их обогащения в поверхностной почве г. Улан-Батора. В поверхностной почве г. Улан-Баторе изученные тяжелые металлы распределены неравномерно. Среднее значение концентрации (в мг/кг) были 594,16 (Mn), 135,07 (Zn), 53,19 (Cr), 51,44 (Pb), 40,56 (Cu), 34,14 (Ni), 11,35 (Co) и 0,75 (Cd) и все исследованные тяжелые металлы, кроме Zn найдены ниже предельно допустимой концентрации (ПДК). Индекс загрязнения (PI) Cu, Pb, Zn, Cr, Cd показывают в среднем 1–2 баллу и более 53 % образцов превышают их фоновые уровни. По медианному значению фактора обогащения (EF) исследованных тяжелых металлов поверхностная почва загрязнена этими металлами в следующем убывающем порядке: Pb > Zn > Cu > Cr > Ni > Mn > Cd > Co. В большинстве из исследованных поверхностных почв, содержание Co, Mn, Ni, Cd Cu, Cr было от дефицитной к минимальной категории обогащения, в то время медианное значение коэффициента обогащения для Pb и Zn найдено выше 2,2 и что указывает что поверхностная почва умеренно загрязнена этими элементами в результате деятельности человека.

Ключевые слова: почва, тяжелый металл, индекс загрязнения, фактор обогащения.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АГРОСЕРЫХ ПОЧВ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНИХ ОПЫТОВ

Вашукевич Н. В.^{1,2}, Баниева И. В.³

¹Уральский государственный аграрный университет, nadiav@bk.ru

²Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург

³Иркутский государственный университет, Иркутск, risha1992.92@mail.ru

Проблема сохранения и восстановления земельно-ресурсного потенциала сельского хозяйства России, связанная с потерей почвенного плодородия актуальна и для Иркутской области, где площадь пашни с низким содержанием органического вещества в последние десятилетия увеличилась в 1,5 раза. Основными причинами являются примитивность применяемых систем земледелия и севооборотов, высокая насыщенность их зерновыми культурами, отсутствие комплекса мероприятий по гумусному равновесию [12].

Значительным резервом повышения содержания органического вещества почв в условиях области являются интродукция и возделывание новых многолетних растений, таких как козлятник восточный (*Galega orientalis*), свербига восточная (*Bunias orientalis*), горец растопыренный (забайкальский) (*Polygonum divaricatum*). Обладая мощной корневой системой, эти растения накапливают большое количество органического вещества, оказывают положительное влияние на основные элементы почвенного плодородия: гумусность, химические, физические, водные свойства, улучшают пищевой режим почв [9].

На опытных полях кафедры агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений Иркутского ГАУ под руководством профессора Ш. К. Хуснидинова уже многие годы проводится изучение влияния многолетних трав на различные процессы накопления органического вещества в серых лесных почвах [2; 6; 7].

Серые лесные почвы (или серые по новой классификации почв России [3]) распространены в основном в южной освоенной и остепненной части региона. Развиваются они под светлохвойно-лиственными (сосново-березовыми) и разреженными лиственными лесами с хорошим травянистым покровом. В составе пахотного фонда Иркутской области данный тип почв составляет 48 %.

В работах [1; 4; 5] достаточно полно охарактеризованы агроэкологические особенности серых почв региона в том числе территории опытного земледелия и растениеводства Иркутского ГАУ в пос. Молодежный.

В то же время вопросы накопления, трансформации лабильного и консервативного органического вещества при агрогенезе остаются малоизученными.

Цель данной работы – провести сравнительную оценку изменения качественного состава органического вещества агросерых почв под различными вариантами сельскохозяйственного использования методом хемотреструкционного фракционирования.

Материалы и методы исследования. Для оценки качественного состава органического вещества в 2011 г. были отобраны смешанные образцы гумусовых горизонтов с опытных делянок под различными вариантами агрофитоценозов. Схема опытов (4-летних): 1 – чистый пар; 2 – горец растопыренный (забайкальский); 3 – свербига восточная; 4 – козлятник восточный. Кроме того, были отобраны смешанные образцы с опытных участков под двухвидовыми агрофитоценозами: 5 – кострец безостый со свербигой восточной и 6 – кострец безостый с козлятником восточным.

В качестве референтных анализировались образцы, отобранные (в 3-кратной повторности) из гумусовых горизонтов АЕЛ и АУраЕЛ, которые характеризуют естественную серую типичную почву, а также ее агроаналог под залежью возрастом 40 лет. Характеристики данных почв приведены в работе [1].

В почвенных образцах выполнены определения содержания общего органического углерода по Тюрину в соответствии с ГОСТ 26213–91. Для оценки качественного состава почвенного органического вещества (ПОВ) использован метод хемодеструкционного фракционирования [8], основанный на количественной оценке различных по устойчивости к действию окислителя (дихромата калия) компонентов почвенного органического вещества. Метод позволяет определять до 11 фракций, которые объединены в 3 группы: легкоокисляемая или лабильная (фракции 1–4); среднеокисляемая (5–7); трудноокисляемая или стабильная часть ПОВ (8–11).

Результаты исследования и их обсуждение

По содержанию общего органического углерода – образцы различаются значительно. Минимальное количество выявлено в обр. 1 чистый пар (0,6 %). Для сравнения: содержание $C_{\text{общ.}}$ в гумусово-аккумулятивных горизонтах естественной серой (разрез 1) и агросерой почвы (разрез 2) составляет 1,9 и 0,9 %, соответственно.

За время проведения опытов с многолетними травами максимально восполнены запасы общего органического углерода в образцах с площадок поливидовых смесей: кострец/козлятник – 1,8 %, кострец/свербига – 1,7 %. Обращает на себя внимание насколько быстро восполняются запасы органического углерода в 4-х летнем опыте с горцом забайкальским. Его содержание также приближается к максимуму – 1,7 % (табл. 1).

Согласно исследованиям по хемодеструкционному фракционированию [9,10] было статистически доказано, что органический материал целинных почв разных типов содержит примерно равновеликое количество легко- и трудноокисляемых частей.

Подобная картина наблюдается и в нашем случае. В образце из горизонта АЕЛ серой почвы разреза 1 приблизительно одинаковое количество легко- и трудноокисляемого гумуса (40–43 %). Примерно такое же соотношение мы наблюдаем и в обр. 1 (пар), чего не скажешь об образце из пахотного горизонта АУраЕЛ агросерой почвы разреза 2, находящейся уже 40 лет в залежном состоянии.

Согласно грациям А. И. Попова [10], здесь мы приближаемся к ситуации, когда в органическом веществе начинают преобладать трудно окисляемые

вещества, ПОВ – устойчивая к внешним воздействиям, несбалансированная и малофункциональная система. Несмотря на активное накопление органического углерода в почвенных образцах под поливидовыми травосмесями, распределение фракций ПОВ в них не однозначно. Под смесью кострец/козлятник более представительной оказалась трудногидролизуемая фракция (47 %), в то время как под смесью кострец/свербига максимально представлен легкогидролизуемый гумус (49 %). Вероятно, при данном сочетании культур новообразованный гумус не успевает закрепиться минеральной частью почвы, а находится в постоянной переработке микроорганизмами. Обращает на себя внимание, что среднегидролизуемая фракция практически неизменна (14 %) и приближена к таковому в контрольном образце. Косвенно это может быть свидетельством относительной стабилизации системы ПОВ.

Таблица 1

Содержание разных по гидролизруемости групп ПОВ в образцах целинной серой почвы и агросерой почвы под вариантами сельскохозяйственного использования

Образцы почв	С _{общ.} , %	Группы ПОВ, % от С _{общ.}		
		Легко-окисляемая	Средне-окисляемая	Трудно-окисляемая
Разрез 1. Серая типичная почва (целина); гор. АЕL (8–21 см)	1,9	40±1	17±2	43±1
Разрез 2. Агросерая турбированная почва (залежь); гор. АУраЕL (8–18 см.)	0,9	34±1	10±1	57±1
Смешанные образцы гумусовых горизонтов с делянок под различными вариантами опытов				
1 – чистый пар	0,6	42±1	11±3	47±2
2 – горец растопыренный (забайкальский)	1,7	52±1	8±3	40±3
3 – свербига восточная	0,9	25±1	21±4	54±4
4 – козлятник восточный	1,5	39±4	10±3	51±1
5 – кострец безостый со свербигой восточной	1,7	49±3	14±2	37±1
6 – кострец безостый с козлятником восточным	1,8	39±3	14±5	47±3

Совершенно другая картина просматривается в случае сравнения контрольного образца с почвенными образцами из-под одновидовых посевов, в которых происходит активная перестройка системы гумусовых веществ за счет довольно сильного варьирования среднегидролизуемой фракции от 8–10 % в случае горца и козлятника до 21 % – свербиги.

В образце 3, отобранном на участке из-под посевов горца забайкальского, где идет эффективное накопление С_{общ.}, выявлено максимальное для изученных образцов накопление фракции легкогидролизуемого ПОВ (до 52 %). В данном случае подтверждается ранее выявленная закономерность – с увеличением количества органического вещества, поступающего в гумусовые горизонты пахотных почв, в составе ПОВ возрастает доля легкоокисляемых фракций за счет активного его новообразования (табл. 1).

Для объективности оценки изменений запасов ПОВ, а также качественных изменений внутри системы ПОВ нами был рассчитан Carbon Management Index

(CMI), предложенный австралийским исследователем Дж. Блэром с соавторами [13]. Индекс рассчитывается на основании соотношения легко- и трудноокисляемых перманганатом калия форм органического вещества. Чем выше индекс, тем лучше качество почв.

Ранее А. И. Попов и В. П. Цыпленков [8] отмечали, что замена раствора перманганата калия на более сильный окислитель, каковым является раствор дихромата калия, позволяет провести более дробное окислительное фракционирование всего количества гумуса, в результате повышается информативность о его лабильных формах. Поэтому мы посчитали возможным использовать данные по легко- и трудногидролизуемым группам ПОВ, полученные в результате метода ХДФ, для расчета Carbon Management Index (CMI). В качестве образца сравнения (референсного) был использован образец из пахотного горизонта АУраЕL разреза 2, CMI для которого условно принято за 100.

На основании произведенных расчетов (рис. 1) максимальное улучшение качества почвы произошло под посевами горца забайкальского и поливидовой смеси костреца/свербига (CMI 418), под посевами козлятника, свербиги и смеси костреца/козлятник качество почвы- среднее (CMI 213, 221 и 240).

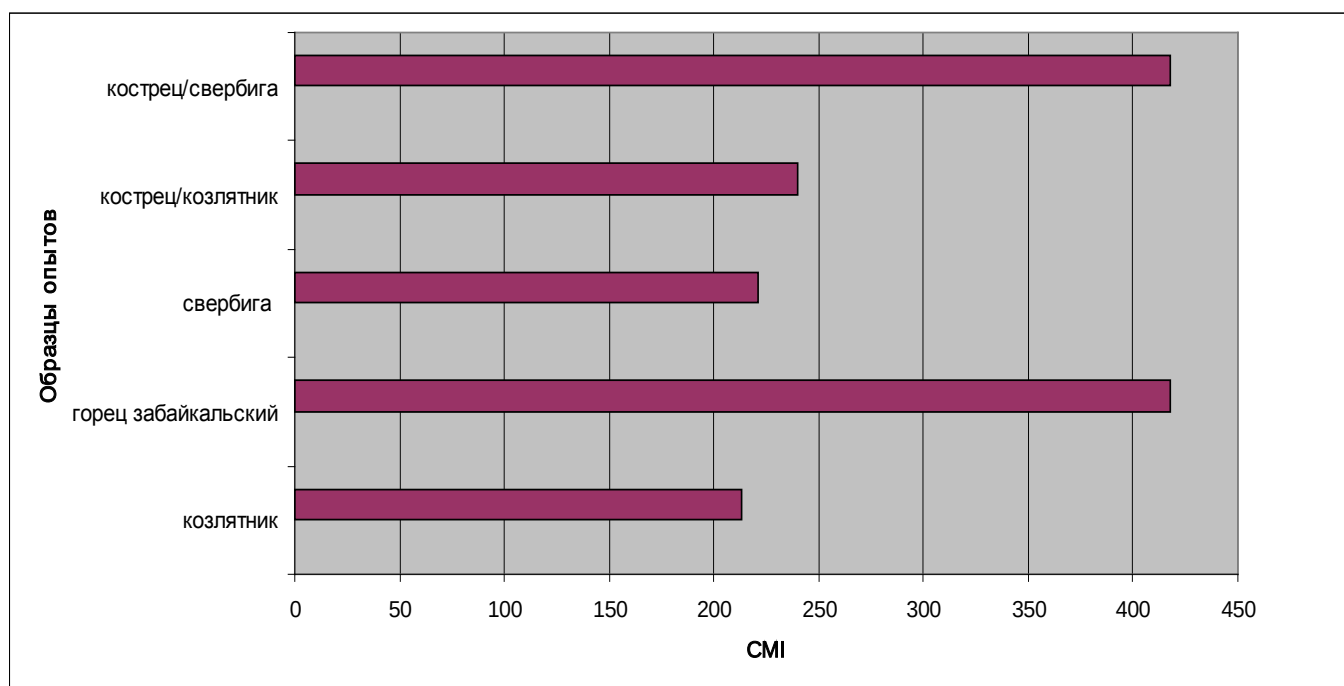


Рис. 1. Расчет Carbon Management Index (CMI) для образцов почв под различными посевами многолетних культур (образец сравнения – горизонт АУраЕL агросерой почвы)

Заключение. Работа, выполненная нами, является попыткой восполнить пробел в вопросах оценки качественного состава органического вещества почв, развитых под агрофитоценозами с многолетними растениями, интродукция которых уже более 20 лет ведется в полевых опытах Иркутского аграрного университета на агроаналогах серой лесной почвы. Выявленные соотношения стабильных и лабильных форм ПОВ характеризуют тенденции в функционировании почвенного органического вещества в агрогенезе и могут быть хорошим

контролем для оценки процессов, идущих в почвах под различными видами многолетних культур.

Литература

1. Агроэкологические особенности серых лесных почв учхоза «Молодежный» ИрГСХА, находящихся в целинном, агрогенном и постагрогенном состоянии / А. А. Козлова [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2011. № 4. С. 87–95
2. Влияние многолетних растений на накопление свежего органического вещества и структурное состояние светло-серых лесных почв Предбайкалья / Ш. К. Хуснидинов и др. // Вестн. БГСХА им. В. Р. Филиппова. 2008. № 3 (12). С. 51–54.
3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. Смоленск : Ойкумена, 2004. – 324 с.
4. Козлова А. А., Зарубина О. В. Содержание макро- и микроэлементов в серых лесных почвах Приангарья, осложнённых палеокриогенезом // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2012. Т. 5. № 1. С. 122–129.
5. Макарова А. П., Козлова А. А. Почвенные и микробиологические свойства целинных и залежных серых лесных почв Приангарья, осложненных палеокриогенезом // Перм. аграр.вестн. 2014. № 4 (8). С. 44–50.
6. Матвеева Е. В., Хуснидинов Ш. К. Специфика эмиссии CO₂ в посевах многолетних трав на светло-серых лесных почвах Предбайкалья // Вестн. ИрГСХА. 2013. Вып 59 (Дек.). С. 19–26.
7. Матвеева Н. В., Хуснидинов Ш. К. Влияние трехпольного севооборота с сидеральным паром на накопление лабильного органического вещества на светло-серых почвах Предбайкалья // Актуальные вопросы развития регионального АПК : материалы науч.-практ. конф. / ИрГСХА. Иркутск, 2007. С. 37–42
8. Патент РФ № 4921349 (004478). Способ определения форм гумуса / Попов А. И., Цыплёнков В. П. / ЛГУ (СПбГУ) / Приоритет от 11.01.91, действует с 1994 г.
9. Попов А. И. Оценка устойчивости почв к естественным и антропогенным воздействиям на основе хемодеструкционного фракционирования почвенного органического вещества // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям : тез. докл. Всерос. конф. (24–25 апр. 2002 г., Москва) : посвящ. 75-летию Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2002. С. 32.
10. Характеристика качественного состава органического вещества агропочв с помощью окисления дихроматом калия / А. И. Попов [и др.] // Ноосферные изменения в почвенном покрове : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. С. 212–217.
11. Проблемы кормопроизводства Иркутской области и пути их решения / Ш. К. Хуснидинов [и др.] // Вестн. ИрГСХА. 2007. Вып. 29. С. 7–11
12. Роль новых многолетних растений в накоплении органического вещества почв Предбайкалья / Ш. К. Хуснидинов [и др.] // Вестн. ИрГСХА. 2007. Вып. 29. С. 11–15
13. Blair G. J., Lefroy R. D. B., Lisle L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural system // Aust. J. Agric. 1995. Res. 46. 1459–1466.

ASSESSMENT OF CHANGE OF ORGANIC MATTER QUALITY AGRO GRAY SOILS PREDBAIKALIA UNDER MANY YEARS OF EXPERIENCE

Vashukevich N. V., Banieva I. V.

Ural State Agrarian University; ² Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,

Ekaterinburg, Russia, nadiavv@bk.ru

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, risha1992.92@mail.ru

Agro gray soil under the different options agricultural use in the experimental fields of the Irkutsk Agricultural University studied. The aim of this investigation to compare the change in the qualitative composition of soils organic matter by chemical destruction fractionating. Revealed the ratio of stable and labile organic matter forms can be well controlled to evaluate the processes occurring in soils under different types of perennial crops.

ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ И ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА «БУРТИНСКАЯ СТЕПЬ» ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА «ОРЕНБУРГСКИЙ»)

**Галактионова Л. В., Хилова Е. С.,
Надеина А. В., Котегова А. А.**

ФГОУ ВО Оренбургский государственный университет, Оренбург,
anilova.osu@mail.ru

Воздействие антропогенного фактора на природу настолько велико и разносторонне, что трудно выделить основной из них. Однако, одним из важнейших является необдуманная деятельность людей при контакте с огнём. Из-за неосторожного обращения с ним человека возникают пожары. Также под влиянием многих природных факторов, к примеру, действия грозы в засушливый период в степях, могут возникнуть колоссальные изменения почв.

Вопросы постпирогенной трансформации степных ландшафтов исследовали Рябина З. Н., Рябцов С. Н., Калмыкова О. Г., Галактионова Л. В., Сафонов М. А., Рябина З. Н., Пуляев А. И., Сафонов М. А., Немков В. А., Сапига Е. В., Милановский Е. Ю., Шеин Е. В. и др. Их работы охватывают изучение воздействия пирогенеза на растительный и животный мир, физические и химические свойства почв.

Процессы горения растительности – важный компонент динамики степных экосистем. Огонь (точнее – пирогенный фактор), является одним из мощных факторов, трансформирующих растительность. Выжигание или выгорание растительности в степях вызывает многосторонние изменения в последующем развитии растительного покрова и почв.

В силу того, что различные виды по-разному реагируют на факторы выжигания, влияние последнего сказывается не только на последующей судьбе отдельных видов, но и на перестройке всего ценоза в целом, так как происходит быстрая пирогенно-демутационная смена [1].

Механизмами положительного влияния пожаров являются изменение возрастного состава сообществ, выпадение сорных видов растений, обогащение зольными элементами почвенных горизонтов и др. [2]. Среди отрицательных факторов воздействия пирогенной нагрузки на растительность степи называют выпадение из травостоя или уменьшение количества некоторых ценных в кормовом отношении трав и некоторых видов однолетних растений, повышение температуры верхних слоев почвы, усиление процесса опустынивания степи, вымерзание подземных побегов и семян в зимний период. Слабее задерживается снег и меньше влаги попадает в почву, усиливается ветровая эрозия [3].

Изменение растительного покрова влечет за собой изменение ряда генетических свойств почв. Так, известно, что вследствие пожара снижается содержание гумуса в аккумулятивном горизонте и продолжает уменьшаться с глуби-

ной. Почва молодой гари отличается увеличением содержания гумуса в верхней части профиля. В почвах на 3-летней и 10-летней гарях значения его содержания снижаются [4].

Поступление минеральных элементов с золой снижает активность разложения гумусовых веществ подобно тому, как это наблюдается при внесении минеральных удобрений. Высокий уровень активности минерализации гумуса на участке, испытавшем воздействие одного пожара, совпадает с высокой физиолого-биохимической активностью автохтонных микроорганизмов в почве [5].

Говоря о ферментативной активности необходимо вспомнить, что её развитие определяется суммарным взаимодействием биологических элементов всех уровней, развитием корневых систем и поглощающей (иммобилизирующей) функцией почвы. Пирогенное воздействие полностью уничтожает как элементы этого взаимодействия, так и многовременные налаженные физиологические и биохимические механизмы формирования, передачи и использования различных ферментов и других биологически активных веществ [6; 7].

Цель нашего исследования заключалась в оценке влияния пирогенного фактора на показатели растительного покрова и гумусного состояния черноземов южных, расположенных на участке «Буртинская степь» государственного заповедника «Оренбургский».

В качестве объекта исследования был выбран полигон на пологом склоне северо-восточной экспозиции водораздела ручья Муелды и овра. Таволгасай. В пределах полигона было заложено по 2 разреза (на контрольном участке и на примыкающем к нему участке, пройденном осенним пожаром 2014 года) и по 4 прикопки к каждому разрезу. На полигоне проведено описание морфологии почвенного профиля и отбор образцов для лабораторного анализа в три этапа: первая декада июня, вторая декада июля и вторая декада сентября.

Описание растительного покрова проводили согласно общепринятым методикам заложения пробных площадей по Раменскому Л. Г. (1938), определение биомассы растений – методом укоса и почвенных монолитов, определение содержания гумуса по И. В. Тюрину в модификации ЦИНАО (1993) 26213–91, определение фракционно-группового состава гумуса – по Тюрину И. В. в модификации Пономаревой В. В. и Плотниковой Т. А. (1968).

Анализ фитоценозов полигона исследования показал, что его флористический состав представлен разнотравно-типчаково-ковыльным сообществом (табл. 1). На не горелом участке общее проективное покрытие составило 80 %, на горевшем участке наблюдается снижение этого показателя до 45–47 %.

Влияние пожара привело к снижению высоты травостоя от 35–40 см до 25–30 см. Структура растительной биомассы после пожара претерпевает значительные изменения. Так, величина запаса надземной растительной биомассы снижается на 65,5 %, а подземной – на 6,9 %, что связано с термическим воздействием пожара на надземные органы растений. Общий запас растительной биомассы после пожара на горевшем участке снижается на 138,9 г/м². Из этих данных следует, что степные пожары способствуют уменьшению запасов как надземной, так и подземной растительной биомассы.

Таблица 1

Характеристика растительного покрова участков исследования

Разрез	1 (не горело)	2 (горело)
Растительное сообщество	Разнотравно-типчаково-ковыльное	
Общее проективное покрытие, %	80	45–47
Средняя высота травостоя, см	35–40	25–30
Надземная фитомасса, г/м ²	362,9	125,2
Подземная фитомасса, в слое 0–50 см на г/м ²	1324,7	1423,5
Подземная:надземная фитомасса	1:3,7	1:11,4
Общий запас, г/м ²	1687,6	1548,7

Снижение объема, поступающего в почву органического вещества, оказало свое влияние на показатели фракционно-группового состава гумуса. По содержанию гумуса все участки исследования были отнесены к среднегумусным, его потери в результате пирогенного воздействия в слое 0–10°см составили 7 %. Пожар вызвал не только снижение количества, но и ухудшение качества органического вещества (табл. 2).

Таблица 2

Фракционно-групповой состав гумуса почв участка исследования

Горизонт и срок отбора образцов		Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					НО	ГК/ ФК
		ГКІ	ГКІІ	ГКІІІ	Σ	ФКІа	ФКІ	ФКІІ	ФКІІІ	Σ		
Разрез 1												
А	1 этап	6,2	25,8	16,3	48,3	0,06	11,7	5,77	3,85	21,4	30,3	2,26
	2 этап	7,2	22,1	14,5	43,8	0,05	9,27	8,73	2,18	20,2	35,9	2,17
	3 этап	7,65	24,1	9,2	40,9	0,2	7,45	8,04	2,65	18,3	40,7	2,23
Разрез 2												
А	1 этап	11,5	25,3	3,8	40,6	0,06	11,5	5,96	2,31	19,8	39,5	2,05
	2 этап	6,15	23,5	9,5	39,2	0,08	6,3	10,96	2,12	19,5	41,3	2,01
	3 этап	10,3	25,3	7,2	42,8	0,1	10,1	12,31	2,5	25,1	32,2	1,71

Анализ фракционно-группового состава гумуса показал преобладание гуминовых кислот над фульвокислотами, что характерно для черноземов степной зоны. Тип гумуса почв на горевшем участке к концу периода вегетации фульватно-гуматный со значениями Сгк/Сфк в горизонте А 1,7 (разрез 2). Снижение глубины гумификации в почвах после пожара вызвано уменьшением доли фракции ГК III и увеличением содержания I и II фульвокислот, при снижении доли негидролизующего остатка.

Таким образом, можно сделать вывод о снижении объема фитомассы и ухудшении качества органического вещества почв под влиянием пожара.

Литература

1. Анилова Л. В., Шорина Т. С., Пятинина Е. В. К вопросу о влиянии пирогенного фактора на растительный покров степей Оренбургского Предуралья // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2011.

2. Богданов П. И. Степные пожары // Вопросы горения и пожарной профилактики : информ. сб. М., 1957. С. 55–77.
 3. Немков В. А., Сапига Е. В. Сохранение степных экосистем в условиях заповедного «режима» // Вестн. ОГУ. 2002. № 3. С. 76–83.
 4. Работнов Т. А. О значении пирогенного фактора для формирования растительного покрова // Бот. Журн. 1978. Т. 63, № 11. С. 1605–1611.
 5. Рябцов С. Н., Сафонов М. А. Влияние пирогенной нагрузки на растительность степи // Тр. Ин-та биоресурсов и прикл. экологии. Оренбург : ОГПУ, 2002. Вып. 2. С. 41–42.
 6. Фахрутдинов А. И., Ямпольская Т. Д. Динамика микробных и биохимических показателей пирогенных почв Ханты-Мансийского автономного округа. Сургут : Сургут. гос. ун-т ХМАО-Югры, 2014. 1118 с.
 7. Шалыт М. С., Калмыкова А. А. Степные пожары и их влияние на растительность // Бот. журн. СССР. 1935. Т. 20, № 1. С. 101–111.
-

**INFLUENCE PYROGENIC FACTOR ON VEGETATION COVER AND HUMUS
CONDITION OF CHERNOZEMS SOUTHERN (ON THE EXAMPLE OF THE SITE
"BURTINSKAYA STEPPE" STATE RESERVE "ORENBURG").**

Galaktionova L. V., Khilova E. S., Nadeina A. V., Kotegova A. A.

The paper considers the impact of the pyrogenic factor on plant biomass and humus condition of chernozems southern after the fire in autumn 2014 (for example, the site "Burtinskaya Steppe" "Orenburg" state reserve). Characterized by changing the amount of humic and fulvic acids under the influence of fire on the territory of the test polygon, as well as a vegetable community areas of research and data on its projective cover, average height of vegetation, above-ground and underground phytomass, and the total stock. Infer soil conditions affected by the fire. Scientific work includes the following key concepts: pyrogenesis, soil, steppe vegetation.

НИТРАТНЫЙ РЕЖИМ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОЛОНЦОВ БАРАБЫ ПРИ ОДНОРАЗОВОМ ВНЕСЕНИИ ГИПСА

Галеева Л. П.

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск
liub.galeeva@yandex.ru

В Новосибирской области на долю солонцов и почв солонцовых комплексов приходится 3686,2 тыс. га (21,7 % от общей площади, данные Запсибгипрозем). На территории Барабинской низменности и Северной Кулунды солонцы составляют основу сельскохозяйственных угодий.

Солонцы, как правило, не образуют сплошных массивов, а залегают пятнами среди зональных почв (чернозёмов, лугово-чернозёмных и чернозёмно-луговых почв). Имея отрицательные физические, физико-химические и химические свойства, они снижают продуктивность всего массива из-за несвоевременного проведения полевых работ. По запасам питательных веществ солонцы Западной Сибири являются потенциально плодородными почвами [6].

Вовлечение солонцов в сельскохозяйственный оборот в 80–90-е гг. прошлого столетия проходило после проведения на них комплекса химической, агротехнической, фитомелиоративной и других мелиораций с соблюдением зональных систем земледелия. Эти мероприятия способствовали поддержанию плодородия и стабильной урожайности сельскохозяйственных культур на солонцах.

В настоящее время работы по химической мелиорации солонцов в Западной Сибири не проводятся, а улучшение эффективного плодородия этих почв до сих пор остаётся проблемой.

Цель данных исследований – определить длительность действия однократного внесения гипса на нитратный режим и продуктивность корковых солонцов.

Исследования выполнены в микроделяночном опыте на солонцах корковых луговых многонариевых в АОЗТ «Кабинетное» Чулымского района Новосибирской области (северная лесостепь Барабинской низменности) на бывшем солонцовом стационаре Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства (СибНИИЗиХ). Почвы в слое 0–20 см имеют следующие показатели: содержание гумуса составляет 7,9 %; pH – 7,2, с глубиной возрастает до 8,2; ёмкость катионного обмена – 35,4 мг-экв/100 г почвы, 48 % из них приходится на натрий; количество общего натрия 11–26 мг-экв/100 г; нитратного азота 0,5 мг/кг, легкодоступного (I) и подвижного фосфора (Q) 2,3 и 16 мг/кг соответственно.

Опыт заложен в 1986 г. Дозы гипса рассчитаны по методу К. К. Гедройца с учётом содержания обменного натрия в среднем образце почвы с интервалом 0,25 нормы по натрию – от 0 до 1,25 нормы. Варианты опыта: 1. Контроль (без внесения гипса). 2. Гипс 11 т/га. 3. Гипс 23. 4. Гипс 36. 5. Гипс 45. 6. Гипс 56 т/га. Для предотвращения поверхностного и бокового стока с делянок, они

по периметру были обтянуты полиэтиленовой плёнкой на глубину 30–40 см с небольшим верхним напуском.

С 1996 г по настоящее время опытный участок находится под залежью, но перед закрытием опытов (1995 г.) на делянках был посеян донник, который произрастает на них в настоящее время и преобладает по сравнению с естественной растительностью. Наблюдения, проводимые нами ранее (1986–1995 гг.) и в 2013, 2015 гг., позволили изучить динамику нитратного азота солонцов корковых под действием различных доз гипса при одноразовом его внесении.

Периодически по годам исследований из слоёв почвы 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 и 80–100 см отбирали образцы, в которых определяли нитратный азот по Грандваль-Ляжу. Учёт урожая зерновых культур и донника выполнен поделочно. Статистическая обработка урожайных данных проведена дисперсионным методом анализа пакета программ «Снедекор» [8].

Растворимость мелиоранта и его эффективное влияние на свойства солонцов зависят от погодных условий территории, и, в первую очередь, от количества выпавших осадков.

Вегетационный период за годы проведения исследований в основном был тёплым и даже жарким и, большей частью, достаточно увлажнённым, что повлияло на растворимость внесённого гипса, его действие на нитратный режим почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Как показали исследования, одноразовое внесение гипса в солонцы, продолжает действовать в течение 8–18 и даже 50 лет [1; 2; 7]. При этом снижается щёлочность почвы, улучшаются её физико-химические свойства. В почвенном поглощающем комплексе солонцов уменьшается количество поглощённого натрия и возрастает содержание ионов кальция.

Ранее нами установлено, что химическая мелиорация солонцов, улучшая их физические и физико-химические свойства, не всегда положительно сказывается на пищевом режиме почв [6]. Поэтому, гипсование корковых солонцов целесообразно проводить с одновременным внесением азотных и фосфорных удобрений, которые создают фонд доступных элементов питания для растений [3].

По мнению Н. В. Орловского [4], «солонцовость почвы при высокой гумусности может до известного предела улучшать условия азотного питания растений, так как повышенная щёлочность почвенного раствора или наличие структурности почвы содействуют жизнедеятельности бактерий, мобилизующих почвенный азот».

Содержание нитратного азота в слое 0–20 см коркового многонатриевого солонца перед закладкой опыта (1986 г.) и обеспеченность им растений в слое 0–40 см были очень низкими (рис. 1). Внесение двойного суперфосфата в дозах 90 кг д. в./га в 1986 г. и 40 кг д. в./га в 1990 г. в качестве фона во всех вариантах опыта повышало содержание азота в контроле (без гипса) в 3–5 раз. Это обусловлено небольшим выносом азота низкими урожаями сельскохозяйственных культур в этом варианте, – с одной стороны, и усилением минерализации почвенного азота под действием обработки почвы и внесения суперфосфата, – с

другой. Летом 2013 г содержание нитратного азота в слое 0–20 см контрольного варианта в 2,4 раза превышало его исходный уровень (1986 г.). Внесение фосфорных удобрений на фоне химической мелиорации солонца возрастающими дозами гипса резко уменьшало содержание нитратного азота в пахотном слое во все годы исследований за счёт выноса азота за счёт роста урожайности сельскохозяйственных культур. Причём, количество азота в почве уменьшалось с ростом дозы гипса. Через 29 лет после разового внесения мелиоранта в почву наибольшее и одинаковое содержание нитратного азота было отмечено в контроле (без гипса) и в варианте гипс 45 т/га.

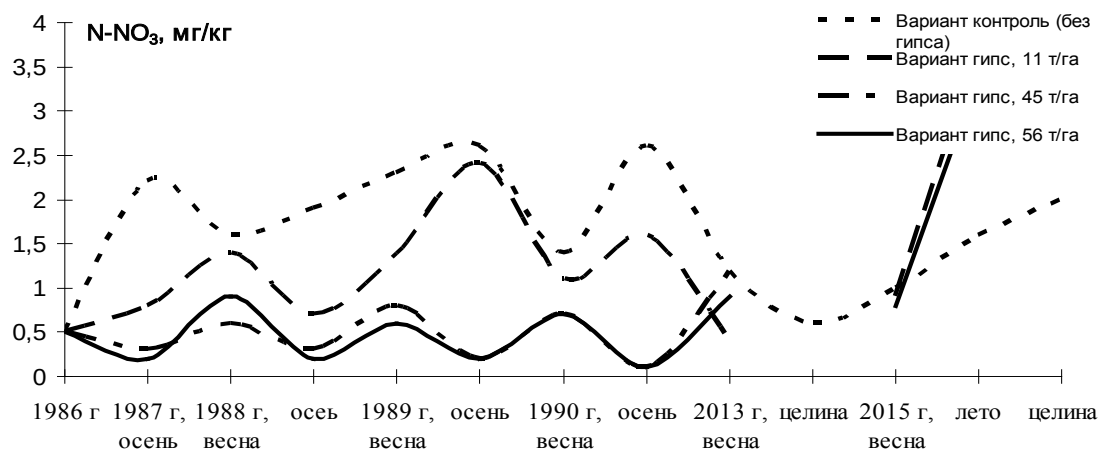


Рис. 1. Динамика нитратного азота в слое 0–20 см коркового многонатриевого солонца при гипсовании и внесении двойного суперфосфата

Уменьшение нитратного азота вниз по профилю было обусловлено снижением гумуса и биологической активности почвы. Близкое залегание грунтовых вод в почве в 2013 г. способствовало миграции нитратного азота по профилю и большому накоплению его в метровой толще. При этом запасы азота в вариантах со всеми дозами гипса в 2013 г. незначительно превышали исходные (1986 г.) и в целине и были в 1,7–1,9 раза меньше, чем в контроле (без гипса).

В июне 2015 г. содержание нитратного азота в слое 0–20 см всех вариантов опыта было примерно одинаковым, а обеспеченность им слоя почвы 0–40 см — очень низкая. Наименьшие запасы нитратного азота в метровой толще отмечены в варианте гипс 56 т/га, которые более чем в 2 раза меньше таковых в целине.

В августе, в связи с опусканием грунтовых вод с глубины 100 см до 170 см, содержание нитратного азота и его запасы возрастали более чем в 2 раза в вариантах с гипсом независимо от его дозы, однако обеспеченность растений азотом оставалась низкой.

Следовательно, растения на гипсованных солонцах нуждаются в ежегодном внесении азотных удобрений [5].

Урожайность озимой ржи и пшеницы в контроле за счёт большего содержания обменного натрия была низкой (рис. 2). С увеличением продолжительности использования почвы в пашне, урожайность последующих культур севооборота (овса) в контроле возрастала в 2,5–5 раз. Это обусловлено не только

улучшением агрономических свойств солонца в процессе использования в пашне, но и биологией овса, обладающего повышенной солонце- и солеустойчивостью. Внесение возрастающих доз гипса в многонатриевый корковый солонец на порядок и более повышало урожайность культур севооборота во все годы исследований. Наибольшая и достоверная прибавка урожайности культур севооборота получена при внесении гипса в дозах 56 и 45 т/га.

Урожайность донника при всех дозах однократного внесения гипса зависела от тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода. Вегетационный период 2013 г. был тёплым и избыточно увлажнённым, наибольшая прибавка донника получена в вариантах с внесением гипса в дозе 45 и 56 т/га. В 2015 г. гипс продолжал оказывать положительное влияние на урожайность донника, которая возрастала с увеличением дозы мелиоранта и особенно существенно в вариантах 45 и 56 т/га, прибавка к контролю составила 127 и 144 % соответственно.

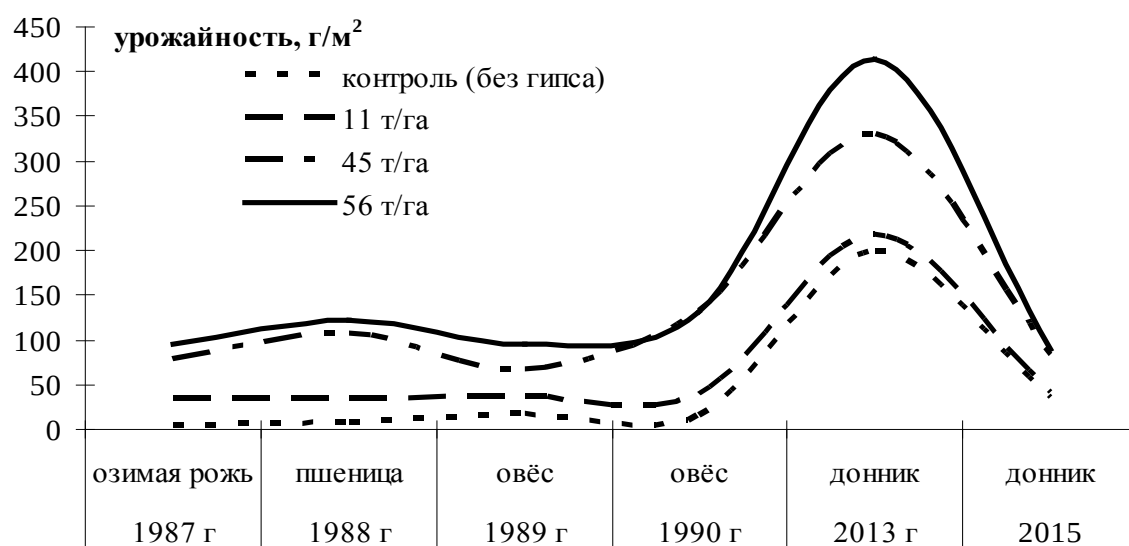


Рис. 2. Влияние однократного внесения гипса в корковый многонатриевый солонец на урожайность сельскохозяйственных культур

Однократное внесение гипса в корковый многонатриевый солонец 29 лет тому назад на фоне применения фосфорных удобрений приводит к резкому дефициту азота при глубоком залегании грунтовых вод и увеличивает его содержание при близком стоянии их к поверхности. Обеспеченность растений азотом очень низкая, что требует обязательного внесения азотных удобрений. Наилучшие условия азотного питания растений складываются при внесении гипса в дозе 45 т/га.

Внесение возрастающих доз гипса в многонатриевый корковый солонец на порядок и более повышает урожайность культур севооборота во все годы исследований. Наибольшая и достоверная прибавка урожайности культур севооборота получена при внесении гипса в дозах 56 и 45 т/га.

Литература

1. Березин Л. В. Мелиорация и использование солонцов Сибири. Омск, 2005. 206 с.
2. Ерёмченко О. З. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. Пермь, 1997. 317 с.
3. Галеева Л. П. Изменение питательного режима и продуктивность солонцов Барабы при однократном внесении гипса // Инновации и продовольственная безопасность. 2015. № 4 (10). С. 9–17.
4. Орловский Н. В. Минеральные удобрения // Засолённые почвы Западной Сибири. Новосибирск, 1941. С. 47–54.
5. Пономарёва Н. С. Контарина В. Д. Влияние гипса на нитратный режим хлоридно-сульфатных солонцов центральной лесостепи Омской области // Генезис солонцов и влияние удобрений на величину и качество урожая. Омск, 1974. С. 33–42.
6. Семендяева Н. В. Галеева Л. П., Галеев Р. Ф. Влияние возрастающих доз мелиорантов и удобрений на плодородие солонцов // Сиб. вестн. с.-х. науки. 1993. № 2. С. 74–80.
7. Семендяева Н. В. Елизаров Н. В. Изменение физических свойств солонцов Барабинской низменности при длительном действии гипса // Вестн. НГАУ. 2012. № 1 (22). С. 38–41.
8. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск : ГУП РПО СО РАСХН, 2009. 222 с.

NITRATE REGIME AND PRODUCTIVITY OF SOLONETZES BARABY AT ONE-TIME INTRODUCTION OF GYPSUM

Galeeva L. P.

Novosibirsk State Agrarian University, Russia, Novosibirsk
liub.galeeva@yandex.ru

One-time application of gypsum in cortical Solonets mnogonatsional 29 years ago on the background of the application of phosphate fertilizers leads to a drastic nitrogen deficiency for deep groundwater tables and increasing it when standing them close to the surface. The supply of plants with nitrogen is very low, which requires mandatory application of n fertilizers. The best conditions of nitrogen nutrition of plants are formed by introducing gypsum in a dose of 45 t/ha. The introduction of increasing doses of gypsum in mnogonatsional cortical Solonets order of magnitude or more increases the yield of the crop rotation in all years of study. The highest and significant increase in crop yields, crop rotation obtained when making plaster at doses of 56 and 45 t/ha.

ПЕДОФАУНИСТИЧЕСКИЙ КАДАСТР КАК ЭЛЕМЕНТ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ (на примере дальневосточной мезофауны)

Ганин Г. Н.¹, Рябинин Н. А.,¹ Wu Donghui²

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,
Ganin@ivep.as.khb.ru

²Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Changchun, China.

Обитатели почвы поддерживают биосферный баланс и, входя во многие трофические сети, относятся к потенциальным биоресурсам, изучение которых всегда было ключевым в биогеоценотических исследованиях. Являясь экономической категорией, ресурс по определению должен иметь количественное выражение. Обязательным этапом в отношении биоресурса почв является оценка современного состояния животного населения: инвентаризация видового богатства и плотности педобионтов.

Почти 98 % всех видов животных южной тайги Дальнего Востока России приходится на беспозвоночных, подавляющая часть которых какой-то период жизни связана с почвой [1]. Из них постоянные обитатели всех размерных групп беспозвоночных составляют около 10 % видового богатства. Мезофауна почв региона таксономически представлена 4 типами, 11 классами, около 1550 видами с численностью от 80 до 2600 экз/м², что составляет до 40 % всего разнообразия животных-педобионтов [1]. Независимо от крупных беспозвоночных в почве обитают и другие более мелкие – нематоды, коллемболы, другие примитивные насекомые, различные группы клещей (микрофауна), а также простейшие и микроскопические многоклеточные животные (нанофауна). Численность таких организмов, в силу их размеров, несравненно выше. Однако экологическими доминантами почвенного яруса являются преобладающие по биомассе и продуктивности мезопедобионты, которые составляют 35–70 % всей зоомассы педоценозов. Это определяет их биоценотическую значимость в наземных экосистемах.

Число видов мезофауны основных растительных сообществ района исследований будет расти по мере изучения региона. Для 840–850 из них на сегодня установлена биотопическая привязка. На настоящий момент по таксономическим группам животные обследованных фитоценозов распределены следующим образом: Mermithidae – 1, Annelida – 32 (Megadrili – 12, Enchytraeidae – ~20), Mollusca – ~80, Diplopoda – 68, Lithobiomorpha – 20, Geophilomorpha – 21, Crustacea – 10, Aranei – 199, Opiliones – 13, Dermaptera – 4, Blattodea – 1, Diptera – 47, Carabidae – 141, Staphylinidae – 148, Elateridae – 37, Curculionidae – 42, Scarabaeidae – 7, Chrysomelidae – 3, Silphidae – 6. Видовой состав и численность этих беспозвоночных в почвах зоны смешанных, темнохвойных, светлохвойных лесов и лесостепи сведены в Педофаунистический Кадастр [1, 2].

В данных исследованиях использован подход А. Н. Куренцова [3], в основе которого лежат экологические связи конкретного зоокомплекса с типами растительного покрова, почв. Как нами установлено, до 90 % мезопедобионтов сосредоточено поровну в подстилке и верхних пяти сантиметрах почвы. Бóльшая заселённость собственно почвенных горизонтов характерна для педобионтов южной тайги (в отличие от северной) также в Сибири и европейской части [6]. Очевидна основная привязка комплексов этих животных к типам почв и их вариантам на юге российского Дальнего Востока – бурозёмам, желтозёмам, подзолам [4, 5]. Кроме того, как нами выявлено, фауна беспозвоночных геофилов и, особенно, геоксенов, при известной степени взаимопроникновения, находится в границах обширных зон и подзон лесных биомов (рисунок).

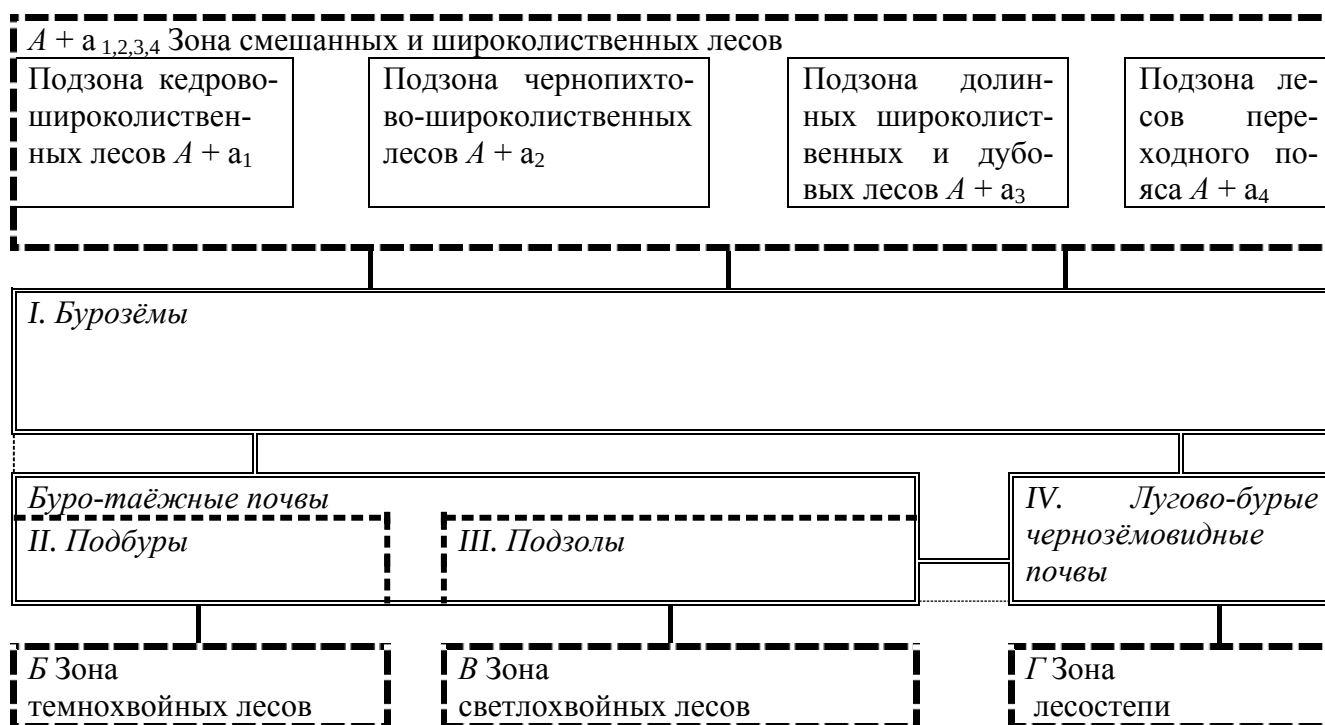


Рис. Схема привязки комплексов мезофауны к типам почв, растительным зонам и подзонам юга Дальнего Востока.

I – комплекс мезофауны бурозёмов; комплексы мезофауны буро-таёжных почв: *II* – подбурья, *III* – подзолы; *IV* – комплекс мезофауны лугово-бурых чернозёмовидных почв.

$A + a_{1,2,3,4}$ – комплекс мезофауны зоны смешанных и широколиственных лесов (бурозёмообразование);

$A + a_1$ – комплекс мезофауны подзоны кедрово-широколиственных лесов;

$A + a_2$ – комплекс мезофауны подзоны чернопихтово-широколиственных лесов (желтозёмообразование);

$A + a_3$ – комплекс мезофауны подзоны широколиственных и дубовых лесов;

$A + a_4$ – комплекс мезофауны горных смешанных лесов переходного пояса;

B – комплекс мезофауны зоны темныхвойных лесов (подбурообразование);

V – комплекс мезофауны зоны светлыхвойных лесов (подзолообразование);

Г – комплекс мезофауны зоны лесостепи (чернозёмообразование).

Более дробной привязки к границам фитоценозов не отмечается. Это отражает экологические связи мезофауны, прежде всего, с определённым типом

почв (геобионты), а затем уже – растительного покрова (геоксены и, частично, геофилы). По ландшафтной принадлежности выделяются две явно различающиеся «конкретные фауны» почвенных беспозвоночных региона, территориально тяготеющие к долинам рек Амур и Уссури и горам Сихотэ-Алиня.

Учитывая биоценотическую значимость животного населения почвы, Педофаунистический Кадастр должен являться неотъемлемой составляющей Почвенного Кадастра.

Литература

1. Ганин Г. Н. Почвенные животные Уссурийского края. Владивосток ; Хабаровск : Дальнаука, 1997. 160 с.
2. Ганин Г. Н. Структурно-функциональная организация сообществ мезопедобионтов юга Дальнего Востока России. Владивосток : Дальнаука, 2011. 380 с.
3. Гиляров М. С., Перель Т. С. Комплексы почвенных беспозвоночных хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока как показатель типа их почв // Экология почвенных беспозвоночных. М. : Наука, 1973. С. 40–59.
4. Куренцов А. И. Зоогеография Приамурья. М. ; Л. : Наука, 1965. 155 с.
5. Рябинин Н. А., Криволицкий Д. А. Современное состояние и задачи почвенно-зоологических исследований на Дальнем Востоке // Почвенные беспозвоночные юга Дальнего Востока. Хабаровск : ДВО АН СССР, 1989. С. 3–19.
6. Стриганова Б. Р., Порядина Н. М. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2005. 234 с.

THE PEDOFAUNAL CADASTRE AS ELEMENT of SOIL QUALITY ASSESSMENT (on the example of Far East macrofauna)

Ganin G. N.¹, Ryabinin N. A.,¹ Wu Donghu²

*¹ Institute Water & Ecological Problems FEB RAS, 680000 Khabarovsk, Russia,
Ganin@ivep.as.khb.ru*

² The Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Changchun, China

Soil inhabitants support the biosphere balance and being included into many trophic nets are potential bioresources and as such were always considered to be key research topics. Data about the species and the soil invertebrates animals' complexes (macrofauna) were adduced in basic types of the plant communities for protected and developed territories of the south part Russian Far East. Taking invertebrates of the Russian Far East south as an example the author discusses the possibility of assessing bioresources of soil animals. The paper also presents comparative data on species diversity and environmental parameters of mesopedobionts from the southern taiga of the Russian Far East. The paper proves the practicality of the Pedofaunal Cadastre as a part of the Soil Cadastre.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА СОРБЦИЮ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

А. Г. Гололобова

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера
Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова, г. Якутск,
nuta0687@mail.ru

Основными факторами, определяющими устойчивость почв к загрязнению тяжелыми металлами, являются их кислотно-щелочные свойства [4].

Кисотно-щелочное состояние (рН) водной фазы почв непосредственно влияет на сорбцию, поскольку оно определяет важнейшие условия взаимодействия загрязняющих веществ с почвенными компонентами. Кислотно-щелочные условия предопределяют количество поглощенных веществ и прочность связи; растворимость труднорастворимых соединений, образованных загрязняющими веществами и почвенными компонентами; форму нахождения частиц в растворе, знак и величину их заряда.

Защелачивание почвы приводит к увеличению подвижности многих элементов и в первую очередь тяжелых металлов. В зависимости от степени кислотности почвенных растворов в почве растворяются различные легко- и среднерастворимые соединения. Максимальное удерживание катионов металлов твердой фазы происходит при $\text{pH} > 7$, а максимальное удерживание анионных соединений металлов – при $\text{pH} < 7$. Однако из-за сложностей системы «раствор – твердая фаза» и большого разнообразия типов поверхности и составов раствора такое обобщение достаточно условно [5].

Почвенные исследования проводились в зоне северо-таежных ландшафтов Западной Якутии на территории Ханья-Накынского междуречья, где проводится интенсивное техногенное освоение алмазодобывающей промышленности открытым способом месторождений Накынского кимберлитового поля.

Объектом изучения послужили мерзлотные почвы – криоземы, преимущественно представленные гомогенными глеевыми и гомогенными неоглееными типами. В данном случае рассматриваются гомогенные надмерзлотно-глееватые, гомогенные глееватые оподзоленные подтипы и гомогенный неоглеенный тип криоземов северо-таежных ландшафтов Западной Якутии. В целом, Якутия относится к регионам с множеством нерешенных географо-генетических и классификационных проблем, и генетические особенности описанных почв не предусмотрены в новой классификации почв России (2004, 2008), поэтому в данной работе использовалась региональная классификация Л. Г. Еловской «Классификации и диагностики мерзлотных почв Якутии» (1987), которая наиболее полно отражает все условия процессов почвообразования на территории Якутии.

Аналитические исследования проводились в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ им. М. К. Аммосова в г. Якутске.

В целом значение рН почвенного покрова исследуемой территории варьирует в широком диапазоне – от кислого до слабощелочного (табл. 1). Средний показатель составил $5,2 \pm 0,09$, что свойственно почвам данной почвенно-климатической зоны, не подверженным ярко выраженному техногенному влиянию.

Таблица 1

Вариационно-статистическая характеристика показателя рН (слой 0–10 см, n = 60)

Показатель	$M \pm m$	Lim	Доверительный интервал при $P=0,05$	V, %
рН	$5,2 \pm 0,09$	4,1–7,4	3,7 – 6,7	14
СТС	$0,06 \pm 0,004$	0,01–0,16	0,052–0,068	50

В водорастворимом комплексе в мерзлотных почвах территории промышленной площадки преобладают ионы гидрокарбоната и характеризуются следующим рядом убывания: $\text{HCO}_3^- > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$. Катионы тяжелых металлов взаимодействуют с почвенным раствором и вступают в реакцию с ионами солей почвенного раствора, в результате чего образуются соединения разной растворимости. Катионы тяжелых металлов образуют с анионами Cl^- , SO_4^{2-} сравнительно легкорастворимые соединения (хлориды, сульфаты), которых относительно немного [1].

Степень засоления исследованных почв изменяется от незасоленной до средnezасоленной. Сумма токсичных солей варьирует в пределах 0,01–0,16 %. Основной тип засоления – хлоридно-сульфатный. Известно, что в кислых почвах отсутствуют хлориды, сульфаты, карбонаты. В нейтральных почвах присутствуют карбонаты и следы сульфатов. В почвах со щелочной реакцией накапливаются карбонаты, сульфаты и хлориды [2].

При рассмотрении пространственного распределения кислотно-щелочной среды почвенного покрова исследуемого участка сделаны следующие выводы:

1) поверхностные горизонты почв исследуемой территории промышленной площадки характеризуются преимущественно кислой реакцией среды;

2) отмечена тенденция в сторону подкисления в почвах зоны непосредственного влияния промышленных объектов, значения техногенных почво-грунтов колеблются в промежутке 4,1–6,4.

В работе В. Б. Ильина [3] отмечено, что группа приоритетных тяжелых металлов – Cd, Pb, Zn, Cu, Ni – обладает значительной подвижностью в кислой среде и становится инертной при изменении реакции среды в сторону подщелачивания. Таким образом, среда, сложившаяся в почвах и почво-грунтах на территории промышленной площадки способствует возрастанию растворимости и, следовательно, подвижности многих элементов и в первую очередь тяжелых металлов, которые могут перейти в более сложные комплексные соединения и стать токсичными.

Также при определенных рН-интервалах те или иные микроэлементы могут осаждаться. Так, в интервале $\text{pH}=4,1\text{--}7,4$ исследуемого участка некоторые

микроэлементы (тяжелые металлы) попадают в предел рН осаждения гидроксидов и накапливаясь в почве представляют пока только потенциальную опасность. При изменении рН среды в сторону подкисления большой спектр микроэлементов из инертной формы перейдет в кислотно-растворимую, т. е. наиболее подвижную, которая и представляет экологическую опасность для сопредельных сред.

Как отмечено ранее, рН является важным фактором и влияет на поведение тяжелых металлов, а так как ее значения меняются вниз по профилю, следовательно, меняется и распределение металлов в почвенной толще. Поэтому в данном разделе будет интересно рассмотреть внутрипрофильное изменение показателей рН.

В криоземе гомогенном надмерзлотно-глееватом реакция среды слабокислая в верхнем горизонте АО и постепенно вниз по профилю она изменяется до нейтральной в минеральных горизонтах.

Криозем гомогенный неоглеенный характеризуется слабокислой реакцией среды в горизонте АО, меняясь до нейтральной в горизонте В_{сг}. А в надмерзлотном горизонте происходит изменение кислотно-щелочных условий в сторону подкисления. Что связано с содержанием линз органики, сформировавшихся в процессе криотурбации.

В криоземе глееватом оподзоленном наблюдается закономерное увеличение значений рН от слабокислой до нейтральной (рН= 5,0–7,0).

Органогенные и минеральные горизонты обладают разными значениями рН. Исходя из этого, в данной работе предлагается рассмотреть почвенный профиль мерзлотных почв отдельно по группам органогенных и минеральных горизонтов. Для этого выполнен корреляционный анализ зависимости микроэлементного состава мерзлотных почв от значений рН по отдельным группам почвенного профиля (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость содержания микроэлементов от значений рН в органогенных и минеральных горизонтах криоземов, $r \pm S_r$ (n = 34)

Элементы	Коэффициент корреляции (r)	
	Органогенные горизонты	Минеральные горизонты
Pb	-0,48±0,16	0,40±0,16
Ni	0,80±0,11	0,23±0,17
Mn	0,11±0,18	-0,06±0,18
Cd	0,03±0,18	0,29±0,17
Co	0,25±0,17	0,02±0,18
Cr	-0,16±0,17	-0,21±0,17
Zn	0,71±0,13	0,18±0,17
Cu	0,66±0,13	-0,03±0,18
As	-0,41±0,16	0,13±0,18

По данным таблицы видно, что наибольшая связь микроэлементов со значениями рН прослеживается в верхних органогенных горизонтах. Установлена средняя отрицательная связь свинца и мышьяка с кислыми условиями почвенной среды, т. е. с повышением кислотности почв увеличиваются подвижные

формы Pb и As. Это объясняется тем, что они имеют тенденцию концентрироваться на органической материи [5], где создают кислотные условия в результате разложения органических веществ. Сильная положительная связь отмечена у Ni, Zn и Cu – при уменьшении значений pH снижаются их подвижные формы и накапливаются в органогенном горизонте. Связано это с тем, что именно они при слабокислых условиях попадают в пределы pH осаждения. В минеральном горизонте наблюдается, наоборот, положительная связь у свинца, что связано с изменением pH в нейтральную сторону, при которой происходит его осаждение. При нейтральной и слабощелочной реакции среды образуются труднорастворимые соединения: гидроксиды, сульфиды, фосфаты, карбонаты и оксалаты тяжелых металлов. При возрастании кислотности в почве идет обратный процесс – труднорастворимые соединения переходят в более подвижные, при этом повышается подвижность многих тяжелых металлов [1].

Таким образом, определена достоверная зависимость Pb, Ni, Zn, Cu и As от кислотно-щелочных условий, при которой происходит сорбция следующих элементов:

- в кислой среде низкая сорбция: Pb→As;
- в щелочной среде высокая сорбция: Ni→Zn→Cu→Pb.

Так как именно в верхних органогенных горизонтах прослеживается наибольшая связь микроэлементов с кислотно-щелочными условиями почвенной среды, рассмотрено влияние pH на подвижность микроэлементов в почвенном покрове (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость микроэлементного состава и степени его подвижности от значений pH в криоземах, $r \pm S_r$ (слой 0–10, n = 49)

Элементы	Коэффициент корреляции (r)		
	Валовое содержание микроэлементов	Подвижные формы микроэлементов	Степень подвижности
Pb	-0,33±0,17	-0,17±0,17	0,43±0,16
Ni	-0,11±0,18	0,11±0,18	0,28±0,17
Mn	0,28±0,17	0,51±0,15	0,26±0,17
Cd	-	0,52±0,15	-
Co	-0,05±0,18	0,32±0,17	0,52±0,15
Cr	-0,07±0,18	0,14±0,18	0,14±0,18
Zn	-0,18±0,17	0,44±0,16	0,46±0,16
Cu	0,42±0,16	0,49±0,15	0,43±0,16
As	-	0,13±0,18	-

Латеральное распределение марганца ($r = 0,51$), кадмия ($r = 0,52$), меди ($r = 0,49$) и цинка ($r = 0,44$) в почвенном покрове достоверно связано с подвижными формами металлов. При этом отмечена средняя зависимость меди ($r = 0,42$) также и от валового содержания. Корреляционный анализ показал, что значение pH влияет на степень подвижности свинца ($r = 0,43$), кобальта ($r = 0,52$), цинка ($r = 0,46$) и меди ($r = 0,43$), т. е. при снижении pH почвенного раствора мобильность их будет возрастать быстрее, чем для других элементов.

Проведенными исследованиями установлено, что криоземы территории промышленной площадки НГОКа характеризуются преимущественно слабо-кислыми условиями почвенной среды в верхних органогенных горизонтах и близко нейтральными в минеральной части почвенного профиля.

Показатель pH почвенной среды является ведущим фактором, контролирующим распределение и поглощение микроэлементов в почвенном профиле всех исследованных подтипов криоземов.

В кислой почвенной среде Pb и As находятся в подвижном состоянии. В щелочной среде Ni, Zn, Cu и Pb – в малоподвижном состоянии.

Установлена тенденция в сторону подкисления в почвенном покрове непосредственно в зоне влияния промышленных объектов. Выявлена высокая степень подвижности у Pb, Co, Zn и Cu, мобильность которых при снижении pH почвенного раствора возрастет быстрее, чем для других элементов.

Литература

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л. : Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. Добровольский, В. В. Лабораторные работы по географии почв с основами почвоведения : учеб. пособие для студентов геогр. фак. пед. ин-тов. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Просвещение, 1973. 143 с.
3. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск : Наука, 1991. 151 с.
4. Техногенное загрязнение и нормирование высоких концентраций микроэлементов в почвах / Н. Г. Зырин [и др.] // Докл. IX Всесоюз. конф. по проблемам микроэлементов в биологии. Кишинев, 1981. С. 102–106.
5. Путилина В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. Характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции: аналит. обзор / Рос. акад. наук Гос. публ. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Рос. акад. наук Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН. Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2009. 155 с. (Экология ; вып. 90).

ANALYSIS OF INFLUENCE OF AN ACID-BASE PARAMETERS ON THE SORPTION OF POLLUTANTS

A. G. Gololobova

Institute of Applied Ecology of the North of North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, nuta0687@mail.ru

The main factors determining soil resistance to contamination by heavy metals, are the acid-alkaline properties [4]. Acid-base balance (pH) of the aqueous phase directly influences the soil sorption because it determines the most important conditions of interaction with the soil pollutants components. Cryozems of the territory industrial site Nurbinsky mining plant characterized predominantly by weakly acidic soil conditions in the upper organic horizons and close to neutral in the mineral part of the soil profile. The tendency towards acidification in the soil cover directly into the zone of influence of industrial facilities was determined. The high degree of mobility Pb, Co, Zn and Cu were identified, mobility which with lowering the pH of the soil solution growing faster than for other elements.

ДЕГРАДАЦИЯ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ЭМИССИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Н. Д. Давыдова

Институт географии СО РАН, Иркутск, davydova@irigs.irk.ru

Поступление загрязняющих веществ из атмосферы на территорию, прилегающую к промышленным предприятиям, является одной из причин, вызывающей снижение плодородия почв и ухудшения качества продукции. Особенно это актуально в зонах локального воздействия источников загрязнения, оказывающих свое существенное воздействие за пределами санитарных зон. Изучение вещественного состава техногенных потоков веществ и определение их массы необходимо, прежде всего, для показа негативной стороны этого явления, так как защита природной среды от загрязнения базируется главным образом на совершенствовании технологии, принципах организации и культуры производства.

Цель исследования – установить нагрузки приоритетных поллютантов на почвенный покров территории, прилегающей к алюминиевому заводу, выявить уровни их накопления в почвах и внутри профилейное распределение.

Исследования проводились на территории Средней Сибири в зоне распространения пылегазовых эмиссий Братского алюминиевого завода (БрАЗ), выпускающего в год более 1 млн т алюминия. Техногенные нагрузки на почвенный покров за зимний период устанавливались по накоплению поллютантов в снежном покрове с пересчетом на сутки. Поступление веществ в течение года рассчитывалось умножением суточных нагрузок на число дней в году с учетом направления ветров. Отбор и подготовки проб почв к анализу проводились общепринятыми методами [1]. Количественный химический анализ массы твердого малорастворимого и растворимого в снеговой воде вещества, образцов почвы и почвообразующей породы выполнялся в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН с использованием приборной базы Байкальского центра коллективного пользования и соответствующих утвержденных методик. Пробы анализировались на содержание 20-ти химических элементов – Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Mn, P, F, Sr, Ba, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, V. При этом применялись спектрометры: атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой Optima 2000 DV и атомно-абсорбционный с прямой электротермической атомизацией проб Analyst 400 фирмы Perkin Elmer.

Содержание фтора в воде и водных вытяжках выявлялось методом прямой потенциометрии на иономере «Эксперт-001» с помощью фторселективного электрода ЭЛИС 131F [4]. Взвеси, почва, породы анализировались на содержание фтора после сплавления образцов со смесью 1:5 K-Na углекислого при температуре 850° и растворения расплава в дистиллированной воде.

Исследования последних лет показывают, что приоритетными химическими элементами-загрязнителями по-прежнему остаются фтор, натрий и алюминий [2]. Это хорошо прослеживается при анализе химического состава образцов снега, отобранных на разном удалении в северо-восточном направлении от алюминиевого завода (рис. 1). Твердые аэрозоли (технолиты) обогащены алюминием и фтором, содержание которых с удалением от источника эмиссий уменьшается и, напротив, кремния и натрия увеличивается с приближением к лесопромышленному комплексу – Филиалу ОАО «Группа "Илим"», хлорному заводу и ТЭЦ- 6 (рис. 1, а). Вблизи БрАЗа в талой снеговой воде, кроме фтора и алюминия, обнаружены высокие концентрации натрия (рис. 1 б), которые с удалением от источника эмиссий также закономерно снижаются. Следовательно, приоритетными элементами загрязнителями территории, прилегающей к алюминиевым заводам, является триада – F, Na, Al.

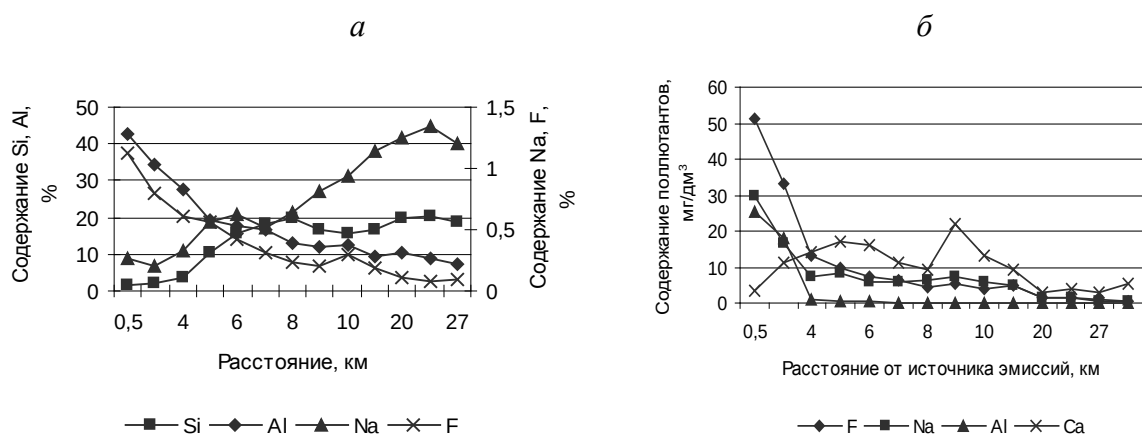


Рис. 1. Содержание основных химических элементов в малорастворимом (а) и растворимом веществе (б) снежного покрова

До модернизации производства алюминия на БрАЗе (1996–1997 гг.) количество твердого малорастворимого вещества, поступающего на подстилающую поверхность, превышало фоновый уровень в 250–300 раз. Его поток в геосистемы примерно на порядок больше потока растворимого вещества. Они сопоставимы или различаются в зависимости от качества очистки эмиссий на предприятии. Особенно это заметно по отношению к фторидам. Вблизи завода при увеличении потока пылевой фракции соотношение смещается в сторону твердых фторидов, с удалением от него – растворимых фторидов, что свидетельствует, возможно, о большем участии в загрязнении газообразных форм фторидов на периферии. Масса техногенного вещества и содержание в нем химических элементов определяет их нагрузки на почвенный покров (рис. 2). Наибольшие нагрузки характерны для алюминия твердой составляющей выбросов. Его суммарное количество варьирует во времени и пространстве в пределах 20–1500 кг/га в год отличаясь от фтора и натрия на математический порядок. Вследствие малой растворимости его соединений и высокого кларка в литосфере отмечается невысокая тенденция аллитизации почв. Влияние натрия на свойства подзолистых дерново-подзолистых почв не отмечено. Это видно по

его низкому валовому содержанию в почве (0,2–0,8 %) и, напротив, существенно повышенному нахождению в водорастворимой форме (50–200 мг/кг). Вследствие поступления натрия преимущественно в растворимой форме и хорошей миграционной способности в условиях промывного типа водного режима реализуется возможность выноса натрия за пределы почвенного профиля. Подобная закономерность характерна также для кремния и кальция, что является свидетельством проявления процессов десиликации и декальцинации в техногенных почвах.

По сравнению с алюминием и натрием более значительная роль в загрязнении почв принадлежит фтору – элементу высокой химической активности, обладающего по отношению к почвенной биоте токсичностью (I класс опасности) и в большом количестве поступающего на почвенный покров, как в составе твердого малорастворимого вещества, так и в виде растворимых солей (рис. 2).

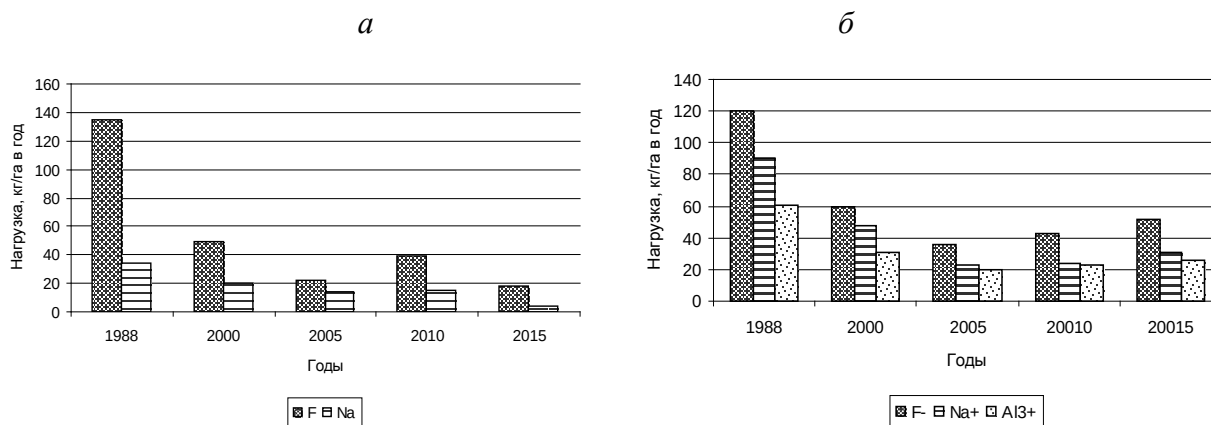


Рис. 2. Динамика максимальных нагрузок приоритетных поллютантов вблизи алюминиевого завода: а – в составе твердого вещества, б – в составе растворимого вещества

Существенное накопление фтора в почвах наблюдается на расстоянии 9 км в северо-восточном направлении, включая территорию г. Братска. Распределение водорастворимой и валовой форм элемента в почвенном профиле различно (рис. 3). Для водорастворимого фтора характерна постепенная убыль концентраций до глубины 40–50 см с резким падением ниже. Исключение составил период 2010–2015 гг. с сильными засухами во время которых почвенная масса уплотненного горизонта ВТ легко делилась на структурные отдельности, становилась трещиноватой и водопроницаемой, что прослеживается по увеличению фтора в почвенном растворе нижних горизонтов почв. Выход элемента в водную вытяжку в дерновом горизонте достигает 10–11 % от общего количества. В иллювиальном и карбонатном горизонтах – 0,3–0,5 %. Накопление фтора в почвенных растворах (до 50 мг/дм³) настолько велико, что уровни его содержания сопоставимы с такими макроэлементами как кальций, магний и натрий. Соответственно и влияние фтора на почвы достаточно ощутимо. Замечено, что он производит разрушающее действие на почвенные агрегаты. Это установлено по содержанию коллоидных взвесей в водных вытяжках из почв, в 2–3 раза превышающих количество растворимых солей, что не свойственно

природным дерново-подзолистым почвам. В опытах [3] диспергирование почвы при повышенном содержании фтора в присутствии натрия авторы объясняют избытком адсорбированных ионов фтора при его поглощении почвой по сравнению с замещенными ионами металлов.

Наличие почвенно-геохимических барьеров удерживает водорастворимый фтор в слое 0–50 см, что создает условия для длительного его контакта с твердой фазой почв и перехода в поглощенную и другие малоподвижные формы, образуя с металлами плохо растворимые соединения. Вероятно поэтому в обедненной илистой фракцией и металлами элювиальном оподзоленном горизонте EL (20–30 см), как правило, процесс накопления фтора в валовой форме выражен слабее по сравнению с верхним дерновым горизонтом АУ (0–10) и нижележащими горизонтами, служащими в качестве геохимических барьеров: адсорбционного (ВТ) и седиментационного (Сса) (рис. 3).

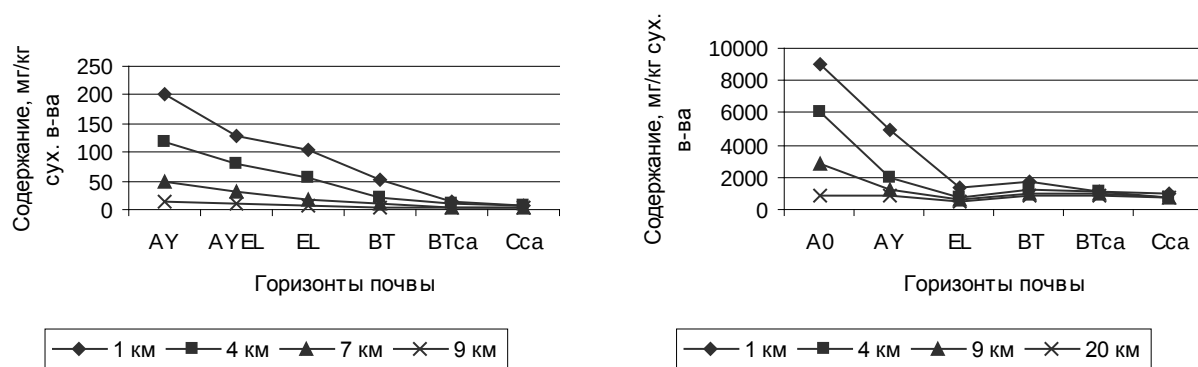


Рис. 3. Содержание фтора в почвах на разном удалении от источника эмиссий: а – в водорастворимой форме; б – в валовой форме

Накопление такого большого количества токсиканта (рис. 3 а) сопровождается снижением уровня потенциальной активности азотфиксации (до 10 раз и более) и многократным снижением активности дыхания почвенных микроорганизмов. Кроме этого в значительной степени подавляется их биологическая активность, что резко сказывается на биологической продуктивности почв в целом [5].

Использование желто-зеленой водоросли *Botridiopsis arhiza* Borzi в качестве индикатора показало, что ареал полной стерильности проявляется при нижнем пределе концентрации фтора в снеговой воде равной 5 мг/дм^3 , что совпадает с результатами исследований Л. И. Сергиенко [6]. При поливе водой, содержащей от 5 до 20 мг/дм^3 этого элемента, на 25-й день опыта ею было отмечено угнетающее действие фторид-ионов с концентрацией 5 мг/л на нитрофицирующую способность черноземов обыкновенных. Просачиваясь в почву, снеговая вода остается также токсичной для почвенной микрофлоры. Если придерживаться ПДК (10 мг/кг) для фтора, то для почв токсична снеговая вода и почвенные растворы с более низкой концентрацией равной не 5, а 2 мг/дм^3 . Кроме этого, вследствие обогащения почвы техногенным веществом выбросов, подстилка и дерновый горизонт почв стали в разной степени токсичными для ряда видов растений, особенно в период прорастания семян. Это нашло подтверждение в лабораторных опытах по проращиванию семян сосны и березы.

Их всхожесть оказалась сниженной до 19–24 % при замедленной (в 1,5–2,0 раза) скорости прорастания семян и угнетенном жизненном состоянии всходов.

Литература

1. ГОСТ 17.4.4.02–84. Методика отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа 10 с.
2. Давыдова Н. Д. Мониторинг природной среды регионов Сибири по загрязнению снежного покрова // Фундам. исслед. 2015. № 8 (ч. 3). С. 469–475.
3. Моршина Т. Н., Фанаскова Т. П. Изменение заряда почвенных коллоидов при адсорбции фтора // Загрязнение почв и сопредельных сред токсикантами промышленного и сельскохозяйственного происхождения. М. : Гидрометеиздат, 1987. Вып. 14 (129). С. 57–60.
4. РД 52. 24. 360–2008. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом. Ростов н/Д, 2008. 25 с.
5. Некоторые экологические последствия техногенных выбросов фтора / О. Ф. Садыков [и др.] // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. М. : Наука, 1985. С.43–53.
6. Сергиенко Л. И. Гигиеническое регламентирование валового и усвояемого фтора в почве // Гигиена и санитария. 1985. №11. С. 78–79.

DEGRADATION OF THE TEXTURAL DIFFERENTIATED SOILS IN THE CONDITIONS OF DUST AND GAS ISSUES OF ALUMINIUM PLANT IMPACT

N. D. Davydova

Summary. In this article are provided quantitative data on the content of chemical elements in snow cover of the territory adjoining to one of the largest in Siberia – Bratsk Aluminum Plant on the basis of which priority elements pollutants are allocated (F, Na, Al, Ni). Dynamics of their loads on soils shows that the greatest number, except aluminum, of solid slightly soluble technogenic substance is the share of fluorides (from 50 to 140 kg/hectare a year on fluorine). Distribution of fluorine on a soil profile of cespitose and podsollic soils has shown high levels of pollutant accumulation in a laying fine earth, in a layer of fragmentary remained mosses and the cespitose horizon AY. The condensed horizon BT and the horizons BTca, Cca enriched with carbonate salts of calcium which serve as soil and geochemical barriers exert impact on his radial distribution. For working time of plant (about 50 years) at distance to 9 km contain from 1 to 20 maximum concentration limit of water-soluble fluorine in the northeast direction of the soil (fluoride-ion) and from 800 to 9000 mg/kg gross that allows to refer them to category of chemically polluted and degraded in the process of technogenic activity.

ОЦЕНКА ПЛОДородия почв Тувы

Жуланова В. Н.

Тувинский государственный университет, Кызыл, zhvf@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются проведенные исследования по плодородию пахотных почв Тувы. Современная пашня региона расположена на 135 тыс. га. Земледелие ведется в Центрально-Тувинской котловине. Основные посевные площади сельскохозяйственных культур в Туве расположены в Пий-Хемском, Тандинском и Каа-Хемском районах. Среднее содержание гумуса на земельной территории региона равно 2,87 %. Выявлено, что основные депонированные запасы гумуса находятся в темно-каштановых пахотных почвах. Определено, что гумусовое состояние почв сельскохозяйственного использования региона оценивается в основном низким и очень низким уровнями плодородия.

Ключевые слова: плодородие почв, гумус, пашня, Тува.

Тува, расположенная на стыке южно-сибирского таежного и центрально-азиатского пустынно-степного ландшафтов, характеризуется суровыми природными условиями, обладает разнообразным потенциалом естественных и земельных ресурсов [1]. Сельскохозяйственное производство в регионе приурочено к межгорным котловинам, среди которых Центрально-Тувинская считается наиболее освоенной. Почва является основным компонентом агрофитоценоза в сельскохозяйственном производстве. Почва как сложная природная биокосная система, обладает плодородием. При антропогенном воздействии на почву происходит трансформация, миграция и изменения свойств веществ и энергии. Цель работы – изучение гумусового состояния пахотных почв, как одного из основных показателей плодородия.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования послужила земельная территория Тувы. Для характеристики плодородия агропочв использовались авторские материалы, полученные в результате закладки почвенных разрезов, описания морфологических признаков, отбора почвенных образцов и определения в них основных химических и физико-химических показателей по стандартным методикам.

Результаты и обсуждение. Земледелие в регионе до 1991 г. велось в 16 административных районах: Бай-Тайгинский, Барун-Хемчикский, Дзун-Хемчикский, Каа-Хемский, Кызыльский, Монгун-Тайгинский, Овюрский, Пий-Хемский, Сут-Хольский, Тандинский, Тес-Хемский, Тоджинский, Улуг-Хемский, Чаа-Хольский, Чеди-Хольский и Эрзинский.

В настоящее время основные пахотные угодья расположены в Центрально-Тувинской котловине, наиболее благоприятной по почвенно-климатическим условиям для возделывания сельскохозяйственных культур. Более 63 % посевных площадей находятся в Тандинском, Пий-Хемском и Каа-Хемском районах [4]. Почвенный покров в этих районах представлен темно-каштановыми и черноземными почвами. Содержание гумуса в почвенном покрове от 3,1 % в Каа-Хемском районе до 4,3 % в Пий-Хемском районе (рисунок).

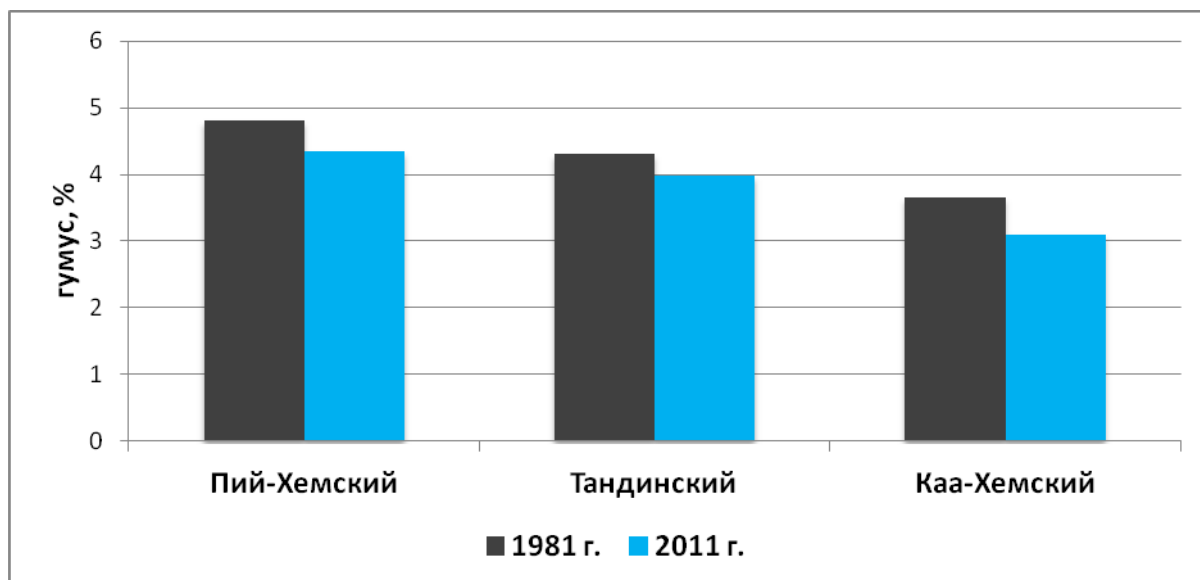


Рис. Содержание гумуса в пахотных почвах в основных земледельческих районах Тувы

В республике на современном этапе на пашне доминируют каштановые почвы (69 %) [2]. По данным ФГБУ ГС агрохимической службы «Тувинская» [3] в 1981 г. 75 % пахотных почв имели низкое содержание гумуса и 10 % – высокое, а 2011 г. – 85 % и 1 % соответственно. За последние 30 лет почв сельскохозяйственного использования с высоким содержанием гумуса уменьшилось в 8 раз. Содержание гумуса в почвах сельскохозяйственного использования за этот период снизилось в 1,1–1,3 раза.

В среднем по региону содержание гумуса в почвах 2,87 %. Наименьшее количество гумуса содержится в пахотных почвах хозяйств сухостепной зоны (1,3 %), а наибольшее – в лесостепной (4,34 %). Баланс гумуса в пахотных почвах Тувы отрицательный (-845 кг/га в год). Причины снижения плодородия пахотных почв заключаются, во-первых, в дефляционных процессах, резко усилившихся после распахки целины; во-вторых, не соблюдались агротехнические мероприятия по повышению и сохранению плодородия почв; в-третьих, за счет паровых полей, где шла интенсивная минерализация гумуса в условиях аридного климата.

Запасы гумуса в пахотном слое почв Тувы коррелируют с содержанием гумуса. Наибольшие запасы гумуса в черноземах обыкновенных (104 т/га), а наименьшие – в светло-каштановых (46 т/га). Уровень гумусности снижается от среднего в черноземных почвах до очень низкого в каштановых и светло-каштановых почвах. В пахотных каштановых почвах региона в слое 0–20 см концентрируется 64 % депонированных запасов гумуса, где на долю темно-каштановых приходится 56 % от общего запаса в этом типе почв. В пахотном слое черноземов аккумулировано 32 % от всех запасов на пашне региона [2].

Таким образом, в настоящее время в Туве 135 тыс. га пашни [4]. В среднем по региону содержание гумуса в почвах низкое. Низкое плодородие в тувинских почвах обусловлено экологическими условиями почвообразования, небольшой мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта, легким грануло-

метрическим составом, а также низким уровнем агротехнических и агромелиоративных мероприятий.

Литература

1. Андрейчик М. Ф. Эколого-географическая диагностика природно-хозяйственных систем межгорных котловин Республики Тыва : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Томск, 2012. 46 с.
2. Жуланова В. Н. Агроэкологическая оценка почв Тувы: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. 46 с.
3. Жуланова В. Н. Современное гумусовое состояние агропочв Тувы // ЭПИ международный научно-практический журнал «Эпоха науки»: научный журнал. 2016. Вып. 5. С. 81–84. URL: http://eraofscience.com/Sbornik/5-mart_2016_g.pdf.
4. Статистический ежегодник Республики Тыва 2015 год // Федеральная служба государственной статистики по Республике Тыва. URL: http://tuvastat.ru/bgd/EZHEG_2015/Main.htm

ASSESSMENT OF FERTILITY OF SOILS OF TUVA

Zhulanova V. N.

Tuvan State University, Kyzyl, Russia, zhvf@mail.ru

The conducted researches on fertility of arable soils of Tuva are considered. The modern arable land of the region is located on 135 thousand hectares. Agriculture is conducted in Central Tuvan Hollow. The main acreage of crops in Tuva are located in Py-Hemsky, Tandinsky and Kaa-Hemsky regions. The average content of a humus in the agricultural territory of the region is equal to 2,87 %. It is revealed that the main deposited stocks of a humus are in dark-chestnut arable soils. It is defined that the humus condition of soils of agricultural use of the regions is estimated generally low and very low by fertility levels.

Keywords: fertility of soils, humus, arable land, Tuva.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ

Зорина С. Ю., Соколова Л. Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения российской академии наук, Иркутск, zorina@sifibr.irk.ru

Возрастающие нагрузки на почвы в современных условиях интенсивного сельскохозяйственного производства все чаще приводят к ухудшению их гумусного состояния. Наблюдаются значительные потери органического вещества и прежде всего наиболее ценных для растений активных, легко трансформируемых компонентов, обеспечивающих продуктивность и эффективное плодородие почв. Своевременная оценка нежелательных изменений в процессе трансформации гумуса крайне необходима для разработки мер оптимизации его состояния, обеспечивающего устойчивость почвы к деградации. Корректно оценить динамику изменений в содержании и качественном составе органического вещества под воздействием различных приемов землепользования можно только в длительных стационарных экспериментах.

Исследования особенностей трансформации гумусного состояния проводили в 1990–2014 гг. в мелкоделяночных полевых опытах на серой лесной среднесуглинистой почве лесостепи Прибайкалья. На момент закладки опыта почва имела следующие показатели: рН_{сол} 5,8, гумус 4,45 %, общий азот 0,29 %, сумма обменных оснований 27,2 мг-экв/100 г, степень насыщенности оснований 91 %. Площадь опытных деленок 1 м², повторность 3-кратная. Схема опыта включала вариант бессменного чистого пара, зернопаровой севооборот (пшеница-пшеница-пшеница-пар) и зернопропашной севооборот (пшеница-пшеница-картофель-пшеница-овес-картофель-пар) на фоне систематического внесения минеральных удобрений. Почвенные образцы из пахотного слоя 0–20 см отбирали до закладки полевого опыта и спустя 25 лет в варианте с бессменным чистым паром, а также в конце 6-й ротации 4-польного зернопарового севооборота и в конце 3-й ротации 7-польного зернопропашного севооборота. Фракционно-групповой состав гумуса почвы определяли классическим методом Пономаревой – Плотноковой.

Исходное содержание гумуса в пахотном слое исследуемой почвы составляло 4. 45 %, что, согласно классификации [2], соответствовало уровню «ниже среднего». За период проведения опытов, его содержание уменьшилось во всех вариантах, достигая уровня «низкое» (табл. 1). Наибольшее снижение гумуса (на 21 % по сравнению с исходным содержанием) отмечалось при бессменном паровании почвы. Поступление в почву органического вещества за счет различных растительных остатков в зернопаровом и зернопропашном севооборотах несколько замедляло процессы минерализации гумуса, но не предотвраща-

ло его потери. За более чем 20-летнее использование почвы в обоих исследуемых севооборотах потери гумуса составили около 15 %.

Таблица 1

Основные показатели гумусного состояния серой лесной почвы (Орлов и др., 2004)

Вариант	Содержание гумуса, %	Степень гумификации, Сгк:Собщ., %	Тип гумуса, Сгк:Сфк
Исходная почва, 1990 г.	4,45 ниже среднего	38 высокая	1,19 фульватно-гуматный
Бессменный пар, 1990–2014 гг.	3,50 низкое	37 высокая	1,33 фульватно-гуматный
Зернопаровой севооборот, 1990–2012 гг.	3,76 низкое	41 оч. высокая	1,68 гуматный
Зернопропашной севооборот, 1990–2011 гг.	3,84 низкое	41 оч. высокая	1,33 фульватно-гуматный

Состав гумуса исходной серой лесной почвы характеризовался примерно одинаковым содержанием углерода в ФК и ГМ, тогда как в ГК оно было сравнительно выше. Тип гумуса фульватно-гуматный, а степень гумификации была «высокая». Фракционный состав гумуса отличался преобладанием связанной с кальцием фракции ГК-2, что типично для серых лесных почв региона (табл. 2). Относительное распределение углерода по фракциям ФК было примерно одинаковым (18–23 % от суммы фракций), тогда как в ФК-2 было значительно выше (38 %). Независимо от варианта опыта, длительное сельскохозяйственное использование почвы привело к снижению относительной доли подвижных гумусовых кислот (ГК-1, ФК-1а и ФК-1) при повышении более устойчивых фракций гуматов и фульватов кальция.

Таблица 2.

Относительное содержание углерода во фракциях гумусовых кислот

Вариант	ГК-1	ГК-2	ГК-3	ФК-1а	ФК-1	ФК-2	ФК-3
	% от суммы ГК			% от суммы ФК			
Исходная почва, 1990 г.	24	51	25	23	21	38	18
Бессменный пар, 1990–2014 гг.	19	62	19	12	20	39	28
Зернопаровой севооборот, 1990–2012 гг.	14	54	31	18	15	51	17
Зернопропашной севооборот, 1990–2011 гг.	20	59	27	10	19	51	20

Несмотря на отмеченные изменения в качественном составе гумуса, в варианте с бессменным чистым паром (25 лет) основные показатели гумусного состояния менялись незначительно (см. табл. 1). При возделывании культур в зернопаровом и зернопропашном севооборотах наблюдалось увеличение устойчивых фракций ГК, в результате степень гумификации достигала уровня «очень высокая». Независимо от приемов землепользования отмечалось расширение соотношения Сгк:Сфк, но только в зернопаровом севообороте тип гумуса

менялся с фульватно-гуматного на гуматный. Однако в целом преобразования качественного состава гумуса во всех опытах указывают на одинаковую гуматную направленность процесса гумусообразования в серой лесной почве в ходе длительного ее сельскохозяйственного использования.

Выявленный характер трансформации гумусовых кислот также демонстрирует показатель соотношения подвижных и малоподвижных фракций ($C_{пг}:C_{мпг}$), условно характеризующих лабильный ($C_{пг} = \text{ГК-1} + \text{ФК-1a} + \text{ФК-1}$) и стабильный ($C_{мпг} = \text{ГК-2} + \text{ГК-3} + \text{ФК-2} + \text{ФК-3} + \text{ГМ}$) пулы углерода в гумусе почв

[1]. В зависимости от изменяющихся факторов среды в почве будет складываться определенное соотношение пулов, характеризующих трансформацию органического вещества. Длительное парование почвы, как и использование ее в зернопаровом и зернопропашном севооборотах приводило к снижению доли лабильного пула при одновременном возрастании стабильного (табл. 3). В результате соотношение $C_{пг}:C_{мпг}$ оказалось в 1,5–1,9 уже, чем в исходной почве, что указывает на обеднение гумуса лабильными компонентами. Наибольшие их потери – около 40 % от исходного содержания наблюдались в зернопаровом севообороте.

Таблица 3

Соотношение между пулами углерода в гумусе серой лесной почвы

Вариант	Лабильный (С _л)	Стабильный (С _м)	С _л :С _м
	% от С _{общ} .		
Исходная почва, 1990 г.	23,3	76,7	0,30
Бессменный пар, 1990–2014 гг.	15,6	84,4	0,18
Зернопаровой севооборот, 1990–2012 гг.	14,0	86,0	0,16
Зернопропашной севооборот, 1990–2011 гг.	17,2	82,8	0,21

Таким образом, длительное сельскохозяйственное использование серой лесной почвы в зернопаровом и зернопропашном севооборотах не способствует сохранению исходного уровня содержания гумуса. Уменьшение его содержания сопровождается снижением подвижных, легко трансформируемых и повышением устойчивых форм гумуса. С позиции ближайших резервов почвенного эффективного плодородия, такой качественный состав гумуса не является благоприятным. С одной стороны, низкая обеспеченность почвы лабильными компонентами не позволяет стабильно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. С другой стороны, недостаток лабильных веществ может замедлить активность процессов, направленных на поддержание экологической стабильности гумуса. Следовательно, для рационального использования серых лесных почв в земледелии региона, характеризующихся преимущественно низким ресурсом гумуса, требуется проведение комплекса мероприятий по улучшению их качественного состава, с целью поддержания их эффективного плодородия.

Литература

1. Зорина С. Ю., Соколова Л. Г., Засухина Т. В. Состояние гумуса агросерых почв лесостепи Прибайкалья в условиях техногенного загрязнения // Изв. Самар. Науч. центра РАН. 2014. Т. 16, №5. С. 81–84.
2. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.

TRANSFORMATION OF HUMUS STATUS IN GRAY FOREST SOILS IN LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS

Zorina S. Yu., Sokolova L. G.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of RAS, Irkutsk, Russia, zorina@sifibr.irk.ru

The paper present the results of long-term research of the humus state of the arable gray forest soil of the Baikal forest-steppe. It was found that, independently from land-use practices, the humus content has decreased. The labile pool (moving fractions) of humus was decreasing and the stable pool was increasing.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ

Н. Д. Киселева, В. И. Бычков, И. Д. Босколова

Иркутский государственный университет, Иркутск, nata_kis71@list.ru

Разрушение почвы в результате эрозии и дефляции почв проявляется в различных формах: смыв, размыв, развевание, перевевание, образование промоин и оврагов, пыльные бури и др. Эти явления охватывают огромные площади во всем мире. Водной эрозии подвержены 31 %, а ветровой – 34 % суши. В Мировой океан ежегодно смывается до 60 млрд. т почвенного материала. Особенно сильно смыв возрос в последние десятилетия в связи с интенсивной распашкой пригодных для земледелия почв [5].

Территория Южного Приангарья – это наиболее освоенный в сельскохозяйственном отношении регион Иркутской области, поэтому здесь активно развиваются эрозионные процессы. На данной территории главными факторами, способствующими интенсивной деградации почв являются: климат, рельеф, характер почвообразующих пород, растительность, а также человеческий фактор. Цель исследования: дать оценку степени эродированности почвенного покрова на территории Южного Приангарья.

Южное Приангарье расположено в южной части Средне-Сибирского плоскогорья, сложенного породами ниже – и верхнекембрийского возраста, которые перекрываются местами юрскими отложениями. Четвертичные отложения по генетическому признаку разделяются на элювиальные, мощность которых достигает не более 1,5 м, делювиальные и делювиально-пролювиальные мощность до 18 м, представленные лессовидными породами различного механического состава, среди которых преобладают среднеугольные разности. Элювиальные отложения достигают мощности 2 – 4 м.

Описываемые районы Приангарья расположены в основном в пределах Лено-Ангарского плато, и только юго-западная часть Нукутского района в частности Боханского района входят частично в границу Иркутско-Черемховской равнины [1]. В пределах плато базисы эрозии достигают 300 и более метров. Рельеф представлен столовыми возвышенностями абсолютной высотой до 900м, с явно выраженной асимметрией склонов. Возвышенности в большинстве случаев бронируются песчаниками, там, где песчаники сменяются легкоразмываемыми денудацией пластами мергелей и глин, наблюдаются наибольшие уклоны и обрывы. При переходе плато в Иркутско-Черемховскую равнину в рельефе преобладают полого-увалистые формы возвышенности с резко уменьшенными высотами, с базисами эрозии в пределах 40–120 м [1; 2]. Микрорельеф территории характеризуется большим распространением карстовых воронок и западинно-бугристыми формами, которые являются по всей вероятности, следствие мерзлотных деформаций, трещинами полигонального типа.

Резко континентальный климат, с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Метеорологические условия характеризуются:

а) большой амплитудой колебания температур; б) глубоким промерзанием почвы (до 200–300 м); в) сосредоточением осадков во второй половине лета (до 170–190 мм в м-ц); г) наличие ветреной погоды в весеннее, наиболее сухое время года [3; 4].

Лесостепной характер территории определяется как наличие реликтовых степей, так и степных пространств, появляющихся в результате сведения леса человеком. Леса занимают преимущественно водоразделы в верховьях бассейнов рек, степи распространены по склонам и террасам долин рек [3; 4].

Распределение растительных формаций в Приангарье находится в тесной зависимости с развития гидрографической сети, рельефа и экспозиции склонов. Как правило, степные участки более приурочены к низовьям рек, ниже точек перегиба равновесия речных русел, где они занимают террасы и склоны столовых возвышенностей, выше по долине они встречаются пятнами, а в верховьях Осы и Иды отсутствуют. В верховьях Унги степные участки, хотя и встречаются, но занимают значительно меньше площади, чем в низовьях ее. Леса в верхней части бассейнов рек распространяются почти сплошной полосой, и только у истоков рек лес отсутствует и поляны бывают заняты ерниковыми зарослями. В нижней части долин леса уступают местами на склонах теневой экспозиции.

Степные пространства в недалеком прошлом занимали более значительные площади, чем сейчас, так как все более или менее удобные для распашки поверхности, занятые степями, распаханы. Поэтому участки степей сохранились по крутым склонам водоразделов и террас, непригодных к распашке, и по заселенным участкам пойм [1; 2]. По своему видовому составу степи Унгино-Осинского «острова» близки к Красноярским степям, с ними их соединяют, главным образом, формации вострецовых степей.

Почвы территории исследования отличаются большим многообразием, которое связано с условиями сложного сильно расчлененного рельефа, различием петрографического состава слагающих пород, среди которых преобладают породы, богатые основаниями, и своеобразными условиями климата и растительности. Объектом исследования послужил почвенный покров сильно пораженных районов Южного Приангарья, согласно карте эродированности почвенного покрова. В нашем случае были взяты Нукутский, Усть-Ордынский и Заларинский районы. Данные районы отмечены на карте черным треугольником. На этих территориях выделены следующие почвы.

Нукутский район. Здесь преобладают дерново-карбонатные почвы. Характеризуются разной степенью гумусности. Карбонатность и гипсоность почв существенно снижают плодородие, что ведет к интенсивной эрозии почв.

Усть-Ордынский район. Самыми распространёнными в Усть-Ордынском районе являются черноземы. Почвообразующие лессовидные породы определили средне-и тяжелосуглинистый механический состав. Среди подтипов черноземов – солонцеватые, выщелоченные и карбонатные.

Заларинский район. Наиболее ценными в районе являются серые лесные почвы. Они занимают положительные элементы рельефа, средние, а иногда и

нижние части склонов. В них много обменных оснований и незначительное количество солей. Они характеризуются хорошим естественным плодородием.

Количество смытых почв по районам составляет площади пашен для Боханского района 10, 9 %, для Нукутского – 5,3 %, для Осинского района 16,6 %. Смытые почвы на сенокосно-пастбищных угодьях соответственно по районам 11,1 %, 27,8 %, 11,4 %. На основании полученных данных выделены наиболее эрозионно-опасные округа:

1. Идинский район бурых лесных почв сильной плоскостной и слабой линейной эрозии (левобережье р. Иды). Смытые почвы составляют 10–15 %, а местами около 30 % от площади пашен. Встречаются единичные донные овраги.

2. Идинский район дерново-карбонатных почв и солонцеватых черноземов умеренной плоскостной и слабой линейной эрозией (правобережье реки Иды).

Смытые почвы на пашнях составляют до 10 % площади. Наблюдаются отдельные промоины и овраги по правобережью р. Иды.

3. Унгиский район дерново-карбонатных почв, карбонатных и солонцеватых черноземов с умеренной плоскостной и сильной линейной эрозией (междуречье Унга – падь Шалоты). Смытые почвы на пашнях занимают 5–10 % площади, на пастбищах 25–30 %. Овраги развиты по правобережью р. Нукутки.

4. Унгинский район дерново-карбонатных почв и солонцеватых черноземов с умеренной плоскостной и линейной эрозией (левобережье р. Унги). Смытые почвы на пашнях составляют до 10 % площади и до 20 % на сенокосно-пастбищных угодьях. Линейные формы эрозии представлены приводораздельными промоинами.

В этом районе довольно сильно проявляется дефляция по террасам р. Унги.

5. Заларинский район серых лесных почв с умеренной плоскостной и слабой линейной эрозией (верхняя часть бассейна р. Унги и Залари). Смытые почвы занимают 10–15 % площади пашни, линейные формы представлены отдельными береговыми и местами приводораздельными промоинами.

6. Алтарикский район серых лесных и дерново-карбонатных почв со слабо развитыми процессами эрозии (правобережье пади Шалоты). Пашни, где смытые почвы занимают от 5 до 10 % площади, встречаются отдельными участками. Линейные формы эрозии почти не встречаются.

Районы Южного Приангарья – регион со своеобразными типами рельефа, климата, почв, растительности и ландшафтов. Высокая степень распаханности территории, рыхлые карбонатные почвообразующие породы, нерациональный выпас скота, малая защищенность почв растительностью обуславливают распространение линейной форм эрозии.

Овраги имеют локальное распространение и приурочены в основном к территории с большой глубиной вертикального расчленения рельефа в местах распространения легко размываемых лессовидных отложений. Оврагообразование развито особенно сильно в бассейне р. Осы, где густота овражной сети выражается в величинах от 0,6 до 1 км на км². На остальной территории этой части округа встречаются отдельные овраги, за исключением правобережья р. Нукутки, где густота расчленения территории овражно-балочной сетью достигает

0,4 км/км². Также в бассейнах рек Осы, Унги и в ряде мест р. Куды по южным и юго-западным склонам наблюдаются очаги густой сети приводораздельных промоин.

Почти во всех случаях форма оврагов вытянутая, с незначительными разветвлениями. Длина некоторых оврагов достигает 3 км, глубина колеблется от 10 до 20 м, при ширине от 10 до 30 м. Скорость роста оврагов весьма различна, но не превышает для интенсивно растущих оврагов 2–3 м в год.

Оврагообразование в пределах описываемой территории начало проявляться задолго до развития земледелия. Причиной зарождения оврагов явились, в первую очередь, дорожная сеть и скотопригонные тропы, проложенные по древним эрозионным понижениям. Влияние земледелия на их образование сказалось позднее. В целом следует отметить, что размывы более выражены на склонах солнечной экспозиции.

Наблюдаемая в настоящее время интенсивная эрозия обусловлена главным образом деятельностью человека.

В Иркутской области мероприятия по борьбе с оврагами практически не ведутся, между тем, они приводят к дренированию склонов, выводу пахотных земель в бросовые, к заносу кормовых луговых угодий у подножия склонов продуктами размыва покровных горных пород.

Литература

1. Бычков В. И. Динамика эрозионных процессов в Приангарье // Географические особенности формирования аграрно-промышленных комплексов в Прибайкалье. Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Иркутск, 1978. С. 89 – 103.
2. Бычков В. И. Линейная эрозия в северной части Усть-Ордынского Бурятского Национального округа Иркутской области. Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Иркутск, 1960. С. 35 – 42.
3. Бычков В. И., Иванюта Л. А., Котенева Ю. В. Региональные особенности эрозионных процессов в Южном Приангарье // Геологические проблемы почвоведения и оценка земель : материалы Междунар. науч. конф. Томск, 2002. Т. 1. С. 16–20.
4. Бычков В. И. Эрозия в лесостепных районах Приангарья : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Иркутск, 1964. С. 26.
5. Заславский М. Н. Эрозиоведение. М., 1983. С. 139.

ASSESSMENT EROSION SOIL SOUTH PRIANGARE

N. Kiseleva, V. Bychkov, I. Boskholova.

Irkutsk state university, faculty of soil science, nata_kis71@list.ru

Areas of Southern Angara region – a region with peculiar types of topography, climate, soil, vegetation and landscapes. The high degree of arable territory, friable calcareous parent rocks, unsustainable grazing, small security soil vegetation cause the spread of the linear forms of erosion.

Ravines have a local distribution and confined mainly to areas with a large depth of vertical dissection of the relief. Observed currently intense erosion is mainly due to human activities.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ В ДОЛИНЕ РЕКИ БЕЛОЙ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

С. Л. Куклина

ФГБОУ ВО ИГУ, г. Иркутск, kukl_swet@mail.ru

Река Белая находится в Западном Прибайкалье и является крупным левым притоком р. Ангары (рис. 1). Долина р. Белой хорошо освоена человеком, где на пойменные почвы оказывается различное антропогенное воздействие.

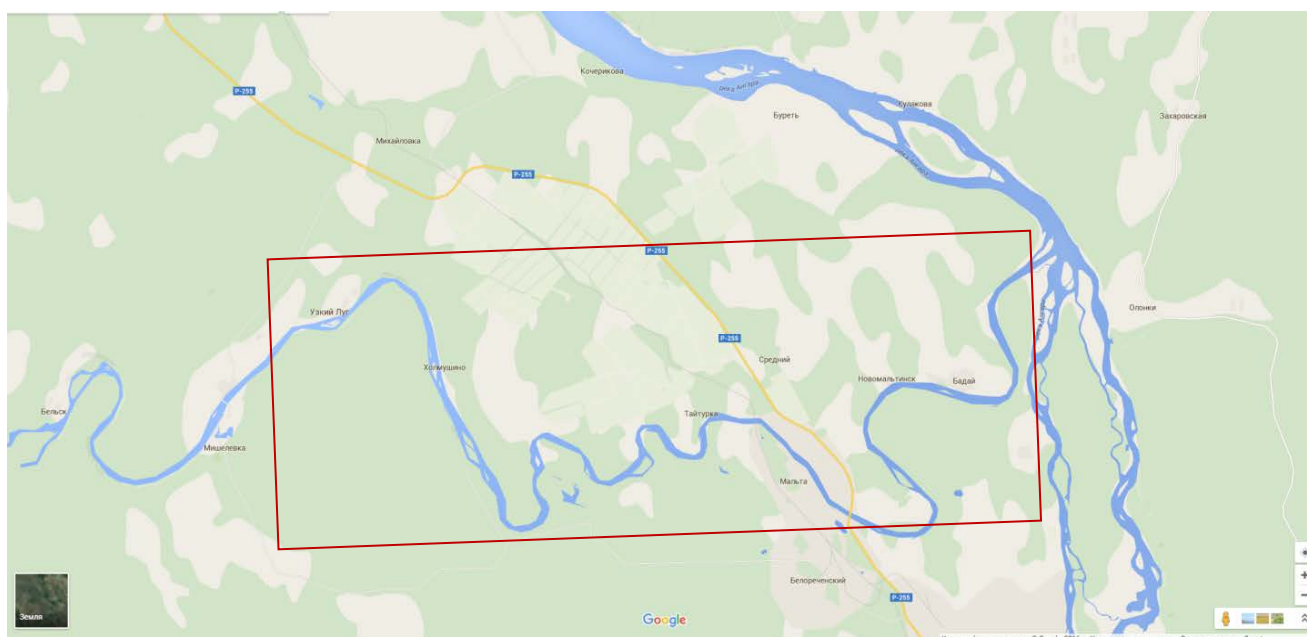


Рис. 1. Река Белая (квадратом обозначен участок долины, на котором проводились исследования)

Почвенный покров пойм р. Белой представлен в основном аллювиальными серогумусовыми глеевыми, аллювиальными серогумусовыми аллювиальными темногумусовыми почвами и агровариантами двух последних типов. В данной работе типологические различия почв не рассматриваются, так как акцент сделан на изменении почвенных свойств по виду антропогенной нагрузки внутри одного типа почв и выявлены общие тенденции в направленности этих изменений.

Для исследования были выбраны участки пойм, используемые под пастбища, сенокосы, пашни и однодневные стоянки для отдыха. Наиболее часто пойма реки Белая вблизи населенных пунктов используется под неконтролируемый выпас скота, значительно реже под сенокосы и пашни, часть пашен в настоящее время заброшена; вблизи русла реки, чаще всего на повышенных участках прирусловых валов, обнаружено множество однодневных стоянок с костровищами. Для оценки изменения свойств почв рассматривались участки с

максимальным и минимальным влиянием антропогенного фактора, образцы для исследований отбирались ежегодно в течение трех лет.

При изучении основных физико-химических и химических свойств почв существенные изменения выявлены только на участке под пашней (участок 3М), где отмечено увеличение pH_{H_2O} , связанное с внесением удобрений, уменьшение содержания подвижного фосфора и общего гумуса на 2–3 % в верхнем пахотном горизонте. В некоторых случаях отмечается увеличение подвижного фосфора под пастбищами.

Физические свойства почв оказались более изменчивыми при антропогенном использовании. Так, наибольшие изменения в плотности почв (рис. 2) отмечаются на нерегулируемых пастбищах вблизи населенных пунктов (участок 1Миш), в местах однодневных стоянок возле кострищ (участок 1Т) и на пашнях в пахотном горизонте, особенно в его нижней части, где образуется плужная подошва (участок 3М-4М). Использование пойм под сенокосные угодья не оказывает существенного влияния на плотность почв.

При изучении структуры почв заметное ее ухудшение выявлено в пахотном горизонте и под пастбищами с сильно уплотненной поверхностью. При этом структура меняется от комковато-зернистой до глыбисто-порошистой (глыбисто-пылеватой), уменьшается водопрочность агрегатов в верхних горизонтах.

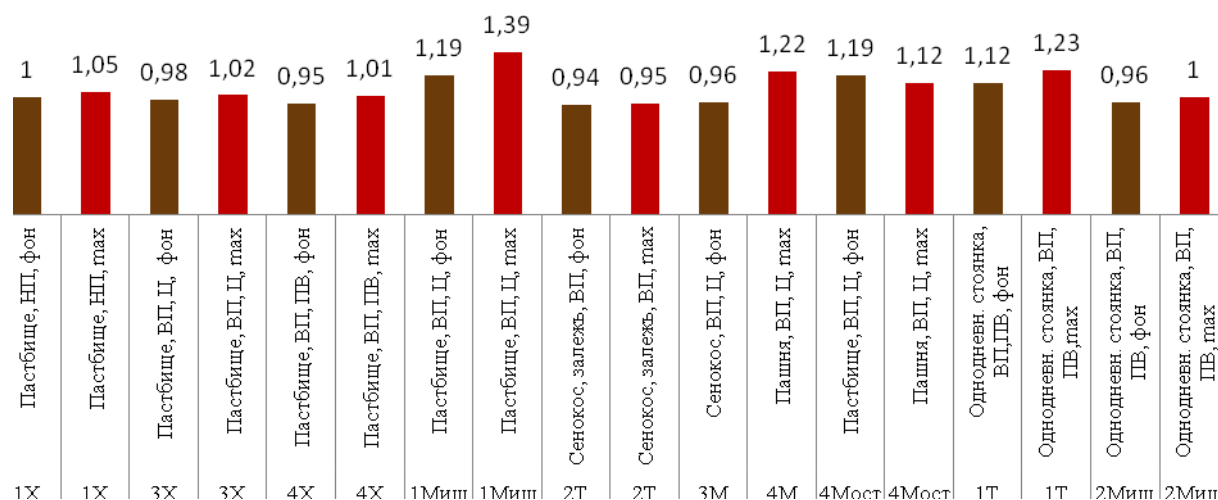


Рис. 2. Плотность ($г/см^3$) верхних горизонтов пойменных почв на участках с различным антропогенным воздействием

Условные обозначения: НП – низкая пойма, ВП – высокая пойма, ПВ – прирусловой вал, Ц – центральная часть поймы

Трещиноватость пород и легкий гранулометрический состав наносов являются главными факторами, почему пойменные почвы не испытывают избыточного увлажнения. Однако это же приводит к тому, что некоторые естественные почвы испытывают постоянный недостаток влаги, например, формирующиеся на прирусловых валах. Так же сильное влияние на уменьшение влажности почв оказывают однодневные стоянки (участки 1Т, 2Миш), использование почв под пашни (участки 3М-4М, 4Мост) и неконтролируемый выпас скота

(участок 3X) (рис. 3). Это связано, в основном, с обнажением поверхности почвы, что резко увеличивает испарение влаги в летний период. Все эти факторы приводят к остепнению некоторых участков и сильному угнетению растительного покрова.

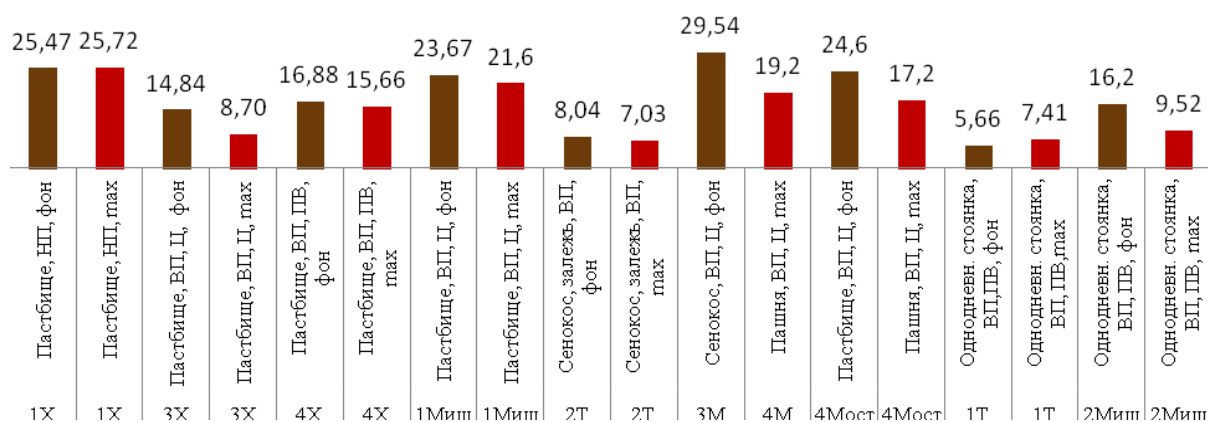


Рис. 3. Влажность (%) верхних горизонтов пойменных почв на участках с различным антропогенным воздействием

Условные обозначения: НП – низкая пойма, ВП – высокая пойма, ПВ – прирусловой вал, Ц – центральная часть поймы

Также на исследуемых участках бралась фитомасса надземной части и корней растений в верхнем 20-сантиметровом почвенном слое (рис. 4) и определялась зольность растений.

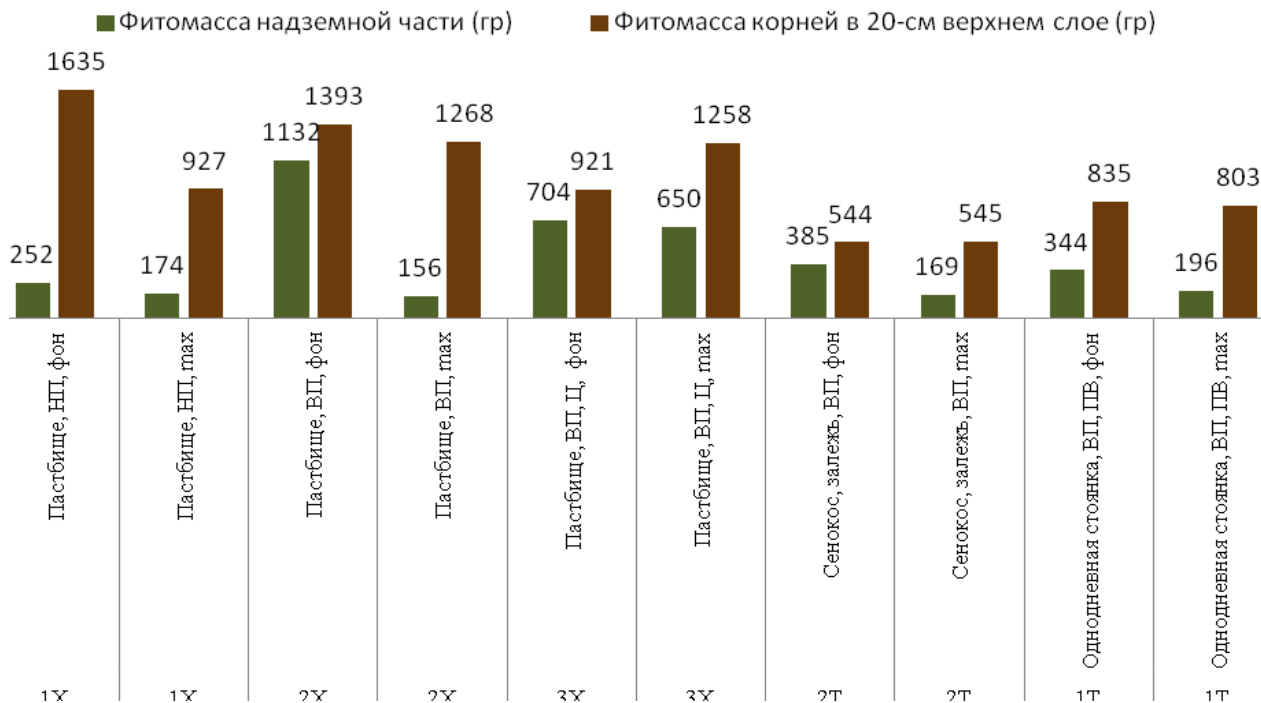


Рис. 4. Фитомасса (г/м^2) надземной части и корней растений на участках с различным антропогенным воздействием (средняя за 2 года)

Условные обозначения: НП – низкая пойма, ВП – высокая пойма, ПВ – прирусловой вал, Ц – центральная часть поймы.

Полученные данные показывают, что, несмотря на резкое уменьшение фитомассы из-за ее отчуждения, масса корней на пастбищах и сенокосах сильно не изменяется, что, отражается в отсутствии резкого уменьшения гумусированности почв при достаточно длительном использовании почв. Резкое уменьшение массы корней под пастбищем на низкой пойме реки (участок 1X) связано с повышением уровня капиллярной каймы грунтовых вод при уплотнении почв и создающимся более неблагоприятным воздушным и водным режимом для корней. Значительное увеличение массы корней на участке 3X при интенсивном выпасе скота можно объяснить большим участием в растительном покрове видов, образующих плотные дерновинки.

Изменение зольности растений, отмечается на участках, где происходит смена видового состава растений по сравнению с фоновыми. В случаях без изменения растительных ассоциаций, зольность остается прежней.

На основании полученных данных выявлено, что наибольшее влияние различные виды антропогенного воздействия оказывают на физические свойства почв, существенные изменения химических свойств происходят только при использовании пойменных почв под пашни. Однодневные стоянки с костровищами значительно меняют почвенные физические свойства, но, из-за маленькой занимаемой площади, не представляют особой опасности для почвенного покрова пойм. Рациональным использованием пойменных почв, по мнению автора, является использование их под пастбища и сенокосы. Но, в настоящее время, такие участки часто имеют невысокую продуктивность из-за неконтролируемого выпаса скота вблизи населенных пунктов, где происходит угнетение и выпадение многих видов растений, неустойчивых к повышенной плотности почв.

CHANGING THE PROPERTIES IN FLOODPLAIN SOILS UNDER ANTHROPOGENIC INFLUENCE (BELAYA RIVER)

S. Kuklina

The paper explored the impact and diversified types of anthropogenic impacts on floodplain soils. Most often it changes the physical properties of soils and changes the status and types of vegetation. The author has carefully studied the humidity, density, soil structure and phytomass. The greatest influence on the soil provides plowing, while the hayfields and pastures is better to use in the floodplain.

УРОВЕНЬ ПЛОДОРОДИЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЧВ ЮГА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

**А. А. Козлова, И. Е. Слепухина, А. А. Кошкарев, А. А. Саидова,
А. В. Широнова, А. А. Дятлов, Л. А. Кочнев, В. Ю. Дементьев**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Территория юга Иркутской области, входящая в его состав является наиболее благоприятной по природным условиям для проживания и хозяйственной деятельности населения и отличается большой пестротой природно-климатических условий. На ограниченной площади можно встретить различные ландшафты от таежных, на многолетней мерзлоте, до сухостепных. Этому благоприятствует расчлененный рельеф и локальные климатические особенности (влияние сибирского антициклона, значительное распространение многолетней мерзлоты, недостаточная теплообеспеченность) [1]. Разнообразие форм рельефа, горных пород, климата, растительности и палеогеографических условий предопределили своеобразие почв и почвенного покрова региона, специфику их свойств, что в значительной степени затрудняет их диагностику и классификацию, рациональное использование.

Объектами исследования послужили целинные и распаханые серые лесные, дерново-карбонатные почвы и черноземы. Тип серых лесных почв широко развит в хвойно-лиственной подзоне тайги региона и приурочены к остепненной его части. Как правило, формируются на положительных элементах рельефа, сложенных четвертичными осадками, генетически связанными с юрскими песчаниками и сланцами, а также озерными и речными наносами на террасах среднего и высокого уровня. Среди них преобладают суглинки, иногда облесованные. Почвы развиваются под светлохвойно-лиственными (сосново-березовыми) и разреженными лиственными лесами с хорошим травянистым покровом. Как сами леса, так и почвы значительно отличаются от европейских, которые формируются под широколиственными лесами. Значительная часть почв распахана.

Агрономические свойства серых лесных почв весьма благоприятны и представляют резерв для освоения под пашню. На участках с повышенным увлажнением (в западинах, на плоских слабо дренированных водоразделах) с тяжелыми почвообразующими породами под лиственными переувлажненными лесами встречаются серые лесные глеевые почвы. Переувлажнение выражается в оглеении либо верхних горизонтов, либо нижней части профиля и в некотором увеличении содержания гумуса по сравнению с серыми лесными неглеевыми почвами. Изучение целинной и пахотной серой лесной почвы проходило в окрестностях г. Иркутска, на территории учебного хозяйства «Молодежный» Иркутской государственной сельскохозяйственной академии.

Исследование целинных и пахотных дерново-карбонатных почв и черноземов обыкновенных проходило в 250 км от Иркутска в северо-западном направлении, в окрестностях пос. Балаганск – традиционном месте проведения учебных практик по почвоведению кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ. В пределах исследуемой территории верхнекембрийские отложения занимают подавляющую часть площади и играют чрезвычайно важную роль в почвообразовании. Характерной особенностью этих пород является карбонатность и красноцветность, связанная по Б. В. Надеждину (1961) с ожелезненностью. Г. А. Воробьевой (2010) установлено, что красноцветность пород обусловлена палеогеографической обстановкой в регионе в верхнем кембрии. В это время материки и океаны имели иные очертания и расположение в сравнении с современным. Территория Прибайкалья находилась вблизи экватора на окраине Палеосибирского континента. Там, где ныне находится озеро Байкал и Забайкалье, расстился обширный Палеоазиатский океан. Приэкваториальное расположение континента (и как следствие – жаркий и сухой климат), отсутствие органического мира на суше, мелководность верхнекембрийского моря благоприятствовали окислительной обстановке. В результате в верхнекембрийские бассейны с суши сносились сильно окисленные красноцветные карбонатные осадки. Современные почвы унаследовали от пород устойчивую красноцветную окраску и карбонатность. На их элювио-делювии формируются дерново-карбонатные почвы. Они занимают водоразделы Иркутско-Черемховской равнины и в Предбайкальской впадины, развиваются под сосновыми, лиственничными и смешанными травяными и моховотравяными лесами [4].

Дерново-карбонатные почвы характеризуются высоким почвенным плодородием, поэтому в основном распаханы и в целом их свойства благоприятны для произрастания растений. Однако ряд отрицательных свойств практически сводит на нет их положительные качества. Азот и фосфор в этих почвах сильно закреплены в органическом веществе и мало доступны растениям. Почвы очень подвержены водной эрозии. В ряде случаев почвы являются сильно каменистыми и содержат скелет в виде щебня [4].

По ангарским террасам на лессовидных суглинках узкими лентами встречаются черноземы [4], развитые под своеобразными Балаганскими степями, в которых степная флора доходит до вершин, покрытых березовым лесом. Полынные и ковыльные степи свойственны южным склонам, по северным склонам растительность носит лугово-лесной характер [3]. Почвообразующими породами являются обычно лессовидные суглинки различного происхождения. Среди черноземов Балаганских степей господствуют солонцеватые по Б. В. Надеждину [6], южные по В. А. Кузьмину [4], типичные холодные по Г. А. Воробьевой [2], нами отнесенные к обыкновенным.

Черноземы региона относят к фациальному подтипу умеренно-холодных длительно промерзающих почв. Влияние резко континентального климата и невысокой теплообеспеченности сказывается на таких особенностях черноземов, как пониженная мощность гумусового профиля, при высоком содержании гумуса в верхнем горизонте, небольшие запасы гумуса и элементов питания,

чему способствует их интенсивное промерзание и длительное сохранение сезонной мерзлоты [4].

Территории с черноземами почти полностью распаханы. Выщелоченные черноземы – один из самых плодородных почв юга Иркутской области. Несмотря на высокую потенциальную обеспеченность элементами питания они нуждаются в сбалансированном применении удобрений. Сравнительно высоким естественным плодородием обладают и обыкновенные черноземы. Однако они распространены в засушливых районах и для повышения эффективного плодородия необходимо сохранение, накопление влаги и орошение.

В результате проведенных исследований установлено, что серые лесные почвы отличаются от Европейских аналогов меньшей оподзоленностью и пониженной кислотностью (табл.).

Таблица

Показатели плодородия целинных и пахотных почв Байкальского региона

Горизонт, глубина, см	pH H ₂ O	pH KCl	% CaCO ₃	% гумуса	Подвижный азот		Подвиж- ный фосфор	Обмен- ный ка- лий
					Амми- ачный	Нит- ратный		
					мг/кг			
Целина. Серая типичная (серая лесная)								
AY 3–8	6,0	5,5	-	4,88	41	20	66	187
AEL 8–21	4,8	4,0	-	7,94	57	15	54	112
BEL 21–32	4,8	3,6	-	1,88	27	20	56	63
BT 32–75	5,3	3,7	-	0,57	20	15	54	74
C 75–100	5,6	3,8	-	0,53	12	0	56	82
Пашня. Агрозем текстурно-дифференцированный								
P 0–35	5,2	3,9	-	1,67	35	8	48	93
BT 35–65	5,6	3,8	-	0,46	20	13	69	118
C 65–84	6,0	4,1	-	0,45	37	13	51	126
Целина. Бурозем темногумусовый остаточно-карбонатный (дерново-карбонатная почва)								
AUca 2–38	7,9	-	7	5,06	38	3	24	206
BMca 38–77	8,1	-	14	0,72	17	2	4	76
Cca 77–130	8,2	-	18	0,66	12	1	5	119
Пашня. Агрозем структурно-метаморфический остаточно-карбонатный								
P 0–30	8,1	-	5	3,09	20	8	32	195
BMca 30–90	8,3	-	9	0,80	38	2	8	152
Cca 90–100	8,1	-	7	0,65	39	8	16	132
Целина. Чернозем дисперсно-карбонатный (чернозем обыкновенный)								
AU 0–49	8,2	-	0,4	3,64	32	42	130	130
BCAdc 49–122	9,0	-	24	0,78	42	9	60	79
Cca 122–130	9,6	-	8	0,51	46	6	16	134
Пашня. Агрозем темный дисперсно-карбонатный								
PU 0–20	8,3	-	10	4,34	32	40	250	160
BCAdc 20–82	8,7	-	13	1,06	30	5	125	125
Cca 82–120	8,4	-	17	0,47	24	0	90	102

Так, актуальная кислотность исследуемой почвы меняется по профилю от слабокислой в верхней части профиля до кислой в средней и нижней. Реакция среды исследуемой целинной дерново-карбонатной почвы и чернозема обыкновенного

новенного в гумусовой части профиля оказалась слабощелочной. С глубиной она стала более щелочной, что связано с наличием карбонатов в переходном горизонте и почвообразующей породе. В черноземе дисперсно-карбонатном наблюдается щелочная реакция среды в гумусовом горизонте и сильное подщелачивание сразу под ним и, особенно, в почвообразующей породе, что связано с засоленностью почвообразующих пород

Для целинных почв характерна маломощность гумусового горизонта при высокой концентрации в нем гумуса, вниз по профилю его содержание резко снижается, даже в черноземе, что вызвано особенностью термического режима почв, а именно с интенсивным промерзанием, длительным сохранением сезонной мерзлоты, поздним оттаиванием.

Что касается содержания питательных элементов, то исследуемую серую лесную почву можно отнести к низко- и очень низкообеспеченным подвижными формами азота и фосфора, так как они в основном находятся в составе трудногидролизуемых соединений. В дерново-карбонатной почве и черноземе дисперсно-карбонатном низкое содержание подвижных форм азота и фосфора связано с сухостью климата, щелочной реакцией среды. По количеству подвижного калия, все исследуемые почвы рассматриваются как достаточно обеспеченные. Его количество в почвах осуществляется за счет его содержания в материнской породе, в отличие от азота и фосфора, накопление которых в почвах зависит от содержания гумуса и скорости его разложения. Региональной спецификой почвообразования является короткий период ферментативной активности почв, которая длится всего 1–1,5 месяца.

При распахивании данных почв произошли значительные изменения их свойств и, прежде всего, в их морфологии, так как все пахотные почвы можно отнести к разным типам одного отдела агроземов. Актуальная кислотность агроземе текстурно-дифференцированном показала более кислые значения по сравнению с целинной серой типичной почвой, за счет припахивания горизонта AEL и BEL. При этом в агроземе структурно-метаморфическом остаточно-карбонатном и агроземе темном дисперсно-карбонатном наблюдается некоторое подщелачивание пахотного горизонта, за счет подтягивания карбонатов к поверхности и включение их в пахотный горизонт.

Заметно уменьшилось содержание гумуса в агроземе текстурно-дифференцированном, в меньшей степени – в агроземе структурно-метаморфическом остаточно-карбонатном, а в агроземе темном дисперсно-карбонатном наблюдалось даже некоторое увеличение содержания гумуса по сравнению с целинными почвами.

В целом при освоении исследуемых почв за счет припахивания нижележащих малопродородных горизонтов происходит механическое и физическое усреднение и содержания гумуса, подвижных форм азота и фосфора, обменного калия в почвенной толще на глубину вспашки.

При этом следует учитывать проявление деградационных процессов в виде эрозии и дефляции, поэтому особое значение имеет внедрение противоэрозионных мероприятий. Возникает необходимость регулирования водного режима

путем орошения, проведения мероприятий по сохранению и накоплению влаги в почвах.

Почвы нуждаются в регулярном внесении органических и минеральных удобрений. Помимо пахотных угодий они могут быть использованы в качестве сенокосов и пастбищ, однако в большинстве случаев требуют проведения культуртехнических работ.

В заключение необходимо отметить, что местные особенности почвообразования приводят к сосредоточенности основных запасов органического вещества в верхней части профиля. Распахивание ухудшает агрономические свойства почв: снижается содержание гумуса, наблюдается заметное подкисление или подщелачивание пахотных горизонтов. В результате механической обработки происходит перемешивание верхних горизонтов и заметное их уплотнение. Специфика региона, особенности функционирования природно-антропогенных систем требуют дальнейшего анализа, детальной разработки и внедрения новых подходов и методов исследования современного почвоведения.

Литература

1. Атлас: Иркутская область: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 90 с.
2. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
3. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н. С. Беркин [и др.]. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.
4. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкальского участка зоны БАМ // Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования в зоне БАМ. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 11–98
5. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1988. 175 с.
6. Надеждин Б. В. Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк). М. : Изд-во АН СССР, 1961. 326 с.

Annotation. Relevance of the work caused by the problem of rational use of soil in the region, in which the soil cover is dominated by the most fertile soil types – gray forest, rendzina and black soil, the most commonly used as cropland. However, the features of the natural conditions of their development – hydrothermal regime; the presence of permafrost; heterogeneity of parent material; complex evolution of the landscape in the past; change them as a result of human activities; diverse interaction of soil-forming factors in connection with the orography, The uniqueness of the region's soil and caused difficulties in their diagnosis and classification, rational use.

РЕМЕДИАЦИЯ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ФТОРИДАМИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кириллова Н. Н.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
agroeco@sifibr.irk.ru

Деградация почв лесостепи Байкальского региона обусловлена как использованием их в земледелии, так и техногенным загрязнением. Источником загрязнения среды в регионе является интенсивное развитие алюминиевого производства, в аэротехногенных выбросах которого преобладают фториды натрия. Длительный мониторинг (1996–2015 гг.) на постоянных реперных участках в импактной зоне ИркАЗа выявил постепенное повышение уровня загрязнения пахотных почв фторидами и увеличение площади загрязнения [2]. Накопление и негативное воздействие фторидов на физико-химические свойства пахотных почв, ведущее к снижению их плодородия и влиянию на качество продукции полевых культур, известно [3; 5]. Однако до сих пор эффективные способы ремедиации техногенно загрязненных фторидами почв отсутствуют, особенно с учетом почвенно-климатических условий.

Исследования, направленные на выявление и разработку научно-обоснованных приемов ремедиации загрязненной фторидами агросерой почвы, проводили в полевых опытах моделирования высокого уровня загрязнения NaF (600 мг F/кг почвы) и на его фоне использования разных ремедиантов, согласно ранее разработанной методике [3; 5]. Варианты опыта: 1 – Контроль (NaF₆₀₀); 2 – Контроль + уголь + гипс; 3 – Контроль + уголь + гипс + торф. В качестве ремедианта вносили окисленный уголь, гипс с учетом содержания обменного натрия в почве и торф из расчета 120 т/га.

Исследования выявили, что валовое содержание фтора в почве во всех вариантах опыта составляло 1550 мг/кг. В контрольном варианте содержание водорастворимых фторидов достигало 184 мг/кг, что соответствовало 18 ПДК. Внесение ремедиантов снижало уровень загрязнения (12 и 10 ПДК соответственно в вариантах 2 и 3). Степень подвижности фторидов, рассчитываемая как отношение водорастворимых фторидов к валовому содержанию фтора (СП, %), также снижалась (7,9 и 6. 5 против 11,9 в контроле). Одновременно были выявлены положительные изменения физических свойств почвы. В отличие от контроля в вариантах 2 и 3 повышалось содержание агрономически ценных агрегатов (26,2 и 36,9 %), тогда как глыбистая фракция снижалась (28,1 и 43,3 % соответственно). Повышался коэффициент структурности (3,06 и 5,49, против 0,92 в контроле). Так, если в контрольном варианте структурность почвы соответствовала градации «хорошая», то в вариантах с ремедиантами становилась «отличной», а прочность микроструктуры – «удовлетворительной». Как показано в таблице 1, независимо от внесения разных ремедиантов, их влияние

на свойства почвы проявлялось в снижении плотности сложения, особенно в варианте 3 (1,09, против 1,21 в контроле). Общая порозность повышалась только в варианте с дополнительным внесением торфа. Улучшение оструктуренности почвы обеспечивало заполнение пор воздухом, что по сравнению с контролем повышалось (36 и 40 %), тогда как общий запас почвенной влаги снижался.

Таблица 1

Изменение физических свойств агросерой почвы в зависимости от внесения ремедиантов

Варианты опыта	Плотность сложения, г/см ³	Общая порозность, %	Воздухо-содержание, %	Общий запас влаги, мм
Контроль	1,21	55	31	47
Контроль+уголь+гипс	1,19	55	36	39
Контроль+уголь+гипс+торф	1,09	60	40	39

Следовательно, одновременное внесение нескольких ремедиантов снижало негативные изменения физических свойств агросерой почвы, которые возникали под воздействием загрязнения фторидами. Положительное их действие в отличие от контрольного варианта проявлялось в снижении глыбистой фракции и повышении агрономически ценных агрегатов в почве. Если под влиянием загрязнения фторидами степень деградации почвы в контрольном варианте соответствовала градации «сильнодеградированная», то в варианте 2 снижалась («слабодеградированная»), а в варианте с добавлением торфа соответствовала уровню «недеградируемая» [1].

Не менее положительное влияние ремедиации было связано с улучшением химических свойств почвы (табл. 2). В составе обменных оснований повышалось содержание кальция, но снижалось содержание натрия. Так, в соответствии с классификацией Антипова-Каратаева [7], если в контрольном варианте почва была «слабосолонцеватая», то при внесении ремедиантов становилась «несолонцеватая». Меньшее содержание гумуса в контроле повышалось в вариантах с ремедиантами. Соответственно гуматный тип гумуса стал чисто гуматный [4]. Повышение буферности почвы по отношению к фторидам (B_{NaF}), которая рассчитывалась на основе нескольких показателей [6], указывает на возможную устойчивость почвы к накоплению фторидов, как следствие ремедиации.

Таблица 2

Изменение химических свойств агросерой почвы в зависимости от внесения ремедиантов

Варианты опыта	Гумус, %	pH _{вод}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	ЕКО	F, ПДК	СП, %	Б _{NaF}
			мг-экв/100г						
Контроль	3,31	7,0	20,2	5,7	3,1	34	18	11,9	3,4
Контроль+уголь+гипс	4,55	6,7	21,7	5,4	1,6	36	12	7,9	27,8
Контроль+уголь+гипс+торф	5,26	6,6	22,7	5,8	1,7	36	10	6,5	22,9

Таким образом, исследуемые приемы ремедиации загрязненной фторидами агросерой почвы наиболее эффективно влияли на улучшение физических свойств, чем химических. В табл. 3 дана выраженная в баллах оценка степени

деградации агросерой почвы, которая выполнена на основе литературных данных. Дегградация почвы в контрольном и вариантах с внесением ремедиантов была неодинаковой. Особого внимания заслуживало восстановление химических свойств. Так, по содержанию обменного натрия степень деградации почвы в контроле соответствовала уровню «сильнодеградированная», а при внесении ремедиантов – «среднедеградированная» [8], что показало лишь частичное нивелирование негативного воздействия, связанного с загрязнением почвы фторидами.

Таблица 3

Оценка степени деградации агросерой почвы в зависимости от внесения ремедиантов

Показатели деградации	Варианты опыта		
	контроль	контроль + уголь + гипс	контроль + уголь + гипс + торф
<i>Физическая деградация почв*</i>			
Содержание глыбистой фракции, %	3	1	0
Содержание агрегатов 10–0,25 мм, %	3	1	0
<i>Химическая деградация почв**</i>			
Содержания Na _{обм} , % от ЕКО	3	2	2

Примечание. *Физическая деградация почв: 0 – недеградированная; 1 – слабодеградированная; 2 – среднедеградированная; 3 – сильнодеградированная [1].

** Химическая деградация почв [8].

Таким образом, ремедиация техногенно загрязненной фторидами алюминиевого производства агросерой почвы путем совместного внесения окисленного угля, гипса и торфа способствовало частичному восстановлению негативных нарушений физических и химических свойств. Наиболее эффективным был вариант с добавлением торфа. Снижение в почве водорастворимых фторидов и обменного натрия способствовало восстановлению ее структуры и рассолонцеванию, что сопровождалось повышением буферности почв по отношению к фториду натрия (Б_{NaF}). Выявленные под воздействием ремедиации изменения были больше связаны со снижением степени физической деградации почвы.

В заключении необходимо отметить, что разработка экспериментальной оценочной шкалы, позволяющей объективно характеризовать степень деградации пахотных почв в условиях техногенного загрязнения фторидами алюминиевого производства, а также эффективность способов их ремедиации, требует продолжения исследований. Очевидно и то, что получение качественной и количественной информации для оценки степени деградации почв, как и восстановления их путем разработки эффективных приемов ремедиации, в конкретных почвенно-климатических условиях чрезвычайно сложны, но крайне необходимы.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ (№ 12–04–31770–мол_а, 12–04–98054–р_сибирь_а, 14–05–00735–а, 14–45–04040–р_сибирь_а).

Литература

1. Бондарев А. Г., Кузнецова И. В. Проблема деградации физических свойств почв России и пути ее решения // Почвоведение. 1999. № 9. С. 1126–1131.
2. Помазкина Л. В., Воронин В. И. Мониторинг загрязнения пахотных почв фторидами алюминиевого производства // Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 г. Иркутск : Сиб. филиал ФГУНПП "Росгеолфонд", 2015. 436 с.
3. Кириллова Н. Н., Помазкина Л. В. Влияние уровня загрязнения фторидами алюминиевого производства на деградацию серых лесных почв Байкальского региона // Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. № 5(10). С. 82–87
4. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. №8. С. 918–926.
5. Помазкина Л. В. Интегральная оценка влияния техногенного загрязнения и климатических факторов на агроэкосистемы Байкальской природной территории // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131, №2. С. 193–202.
6. Устойчивость агроэкосистем к техногенному загрязнению фторидами / Л. В. Помазкина, Л. Г. Котова, Е. В. Лубнина, С. Ю. Зорина, А. С. Лаврентьева. Иркутск : ИГ СО РАН, 2004. 225 с.
7. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
8. О совершенствовании оценки процессов деградации почв / В. Н. Шептухов, Т. В. Решетина, П. Н. Березин, И. И. Карманов, Б. В. Виноградов, Б. А. Зимовец // Почвоведение. 1997. № 7. С. 799–805.

REMEDIATION OF AGROGREY SOIL OF BAIKAL REGION POLLUTED BY FLUORIDE OF ALUMINIUM INDUSTRY

Kirillova N. N.

Federal State Budget Institution of Science Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, agroeco@sifibr.irk.ru

Intensive development of aluminum industry in the Baikal region is a source of pollution of arable soils of sodium fluoride. Contamination of agrogrey soil negatively affects on the physical and chemical properties and contributes to their degradation. Application remediantov (oxidized coal, gypsum and peat) changes the negative properties of the soil. Reduces the content of water-soluble and exchangeable sodium fluorides, increases of soil buffer qualities in respect to fluorides (B_{NaF}). Remedianty has restored of the physical structure and chemical properties. The effective remediation to reduce the extent of soil degradation agrogrey are revealed.

КИСЛОТНО-ОСНОВНАЯ БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЛАНДШАФТА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Кочубеев А. А.

Астраханский государственный университет, Астрахань,
vermilionsunset@rambler.ru

Изменение реакции среды оказывает существенное влияние не только на химический состав, свойства и направленность процессов, протекающих в почве, но и опосредованно на всю окружающую среду [1–3; 5; 9]. Изучение кислотно-основной буферности тесно связано с вопросом почвенной кислотности, физико-химическими процессами, протекающими при известковании, гипсовании и рассолении, неблагоприятном воздействии кислых осадков на почву [4; 6; 7]. Данные исследований кислотно-основной буферности почв используются при анализе направленности процессов современного почвообразования и генезиса почв [7].

Целью исследования является изучение зональных особенностей кислотно-основной буферности антропогенно изменённого дельтового ландшафта Астраханской области, включающим различные геоморфологические объекты и типы почв, в комплексе с условиями их развития. В данной работе использовалась модификация метода определения кислотно-основной буферности почв по Аррениусу [8]. Территория объекта исследования представлена солончаком луговым гидроморфным на аллювиальных отложениях на шлейфе восточной экспозиции бугра Бэра, а также луговой дерновой маломощной гидроморфной на рыхлых аллювиальных отложениях, относящихся к равнинному лугу среднего уровня (рис. 1).

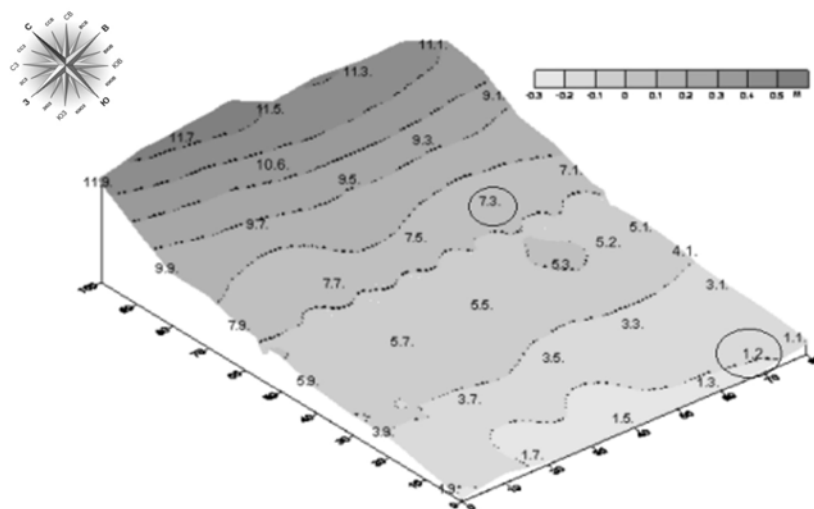


Рис. 1. Схема расположения почвенных прикопок в исследуемом ландшафте.

Выбранный ландшафт представляет собой околобугровое пространство бугра Бэра, пересеченное водогонами и центральным дренажным каналом, ранее используемый для выращивания риса и овощных культур, переходящее в равнинный луг, не подвергающийся затоплению паводковыми водами.

В процессе работы проанализировано 162 образца из 30 почвенных прикопок и 7 реперных разрезов. Для исследований использовалась воздушно-сухая почва, просеянная через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Значения буферности почвы к щелочам (рис. 2) на поверхности варьируют незначительно от 13,46 до 13,98. Наибольшие значения (более 13,74) приурочены к подножью бугра Бэра. Наименьшие значения (менее 13,70) занимают ту часть территории, которая пространственно приурочена к центральному дренажному каналу. Минимальные значения отмечены у дрены в центре исследуемой территории. В пространственном распределении значений буферности почвы к щелочам в поверхностном слое наблюдается тенденция к уменьшению этих значений в сторону дренажного канала.

Характер пространственного распределения буферности почвы к щелочам в слое 40–45 см (рисунок 3) немного иной, чем на поверхности. Здесь прослеживается более четкая закономерность в уменьшении значений с уменьшением положения в рельефе территории. Наименьшие значения сосредоточены в центре южной части участка, наибольшие – в северо-западной. Площадь зоны распространения наибольших значений возрастает и занимает уже больше половины исследуемого участка. С глубиной наблюдается увеличение значений буферности почвы к щелочам по сравнению с поверхностными слоями.

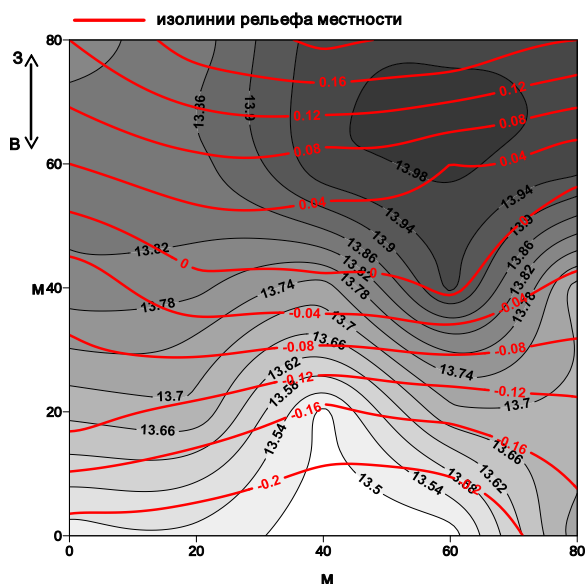


Рис. 2. Пространственное распределение буферности почвы к щелочам по слою 0–5 см

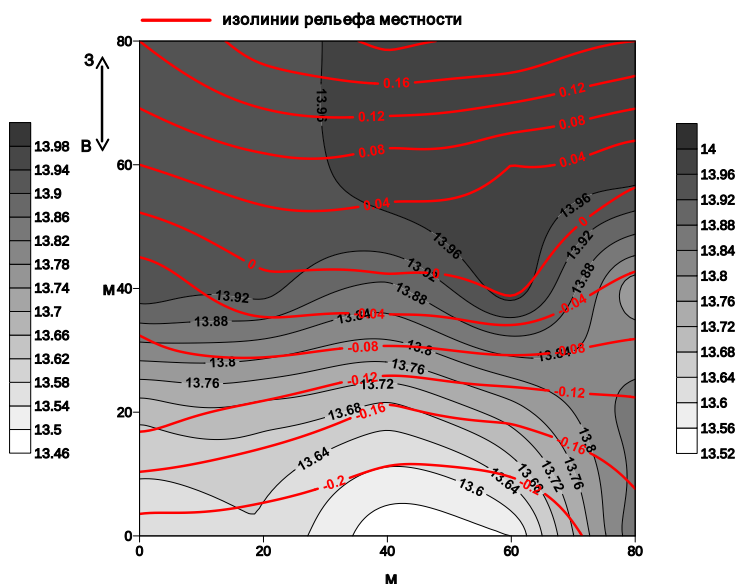


Рис. 3. Пространственное распределение буферности почвы к щелочам по слою 40–45 см

В пространственном распределении буферности почвы к щелочам антропогенно измененного ландшафта можно выявить некоторые закономерности. Во-первых, величина данного параметра увеличивается с глубиной незначительно. Во-вторых, вариация значений буферности почвы к щелочам с глуби-

ной уменьшается, на глубине 40–45 см зафиксирован наименьший размах равный 0,48 единицы. В-третьих, тенденция к уменьшению значений буферности почвы к щелочам с понижением в рельефе исследуемого ландшафта прослеживается более явно, чем в случае с буферностью к кислотам.

Из топоизопланет на рисунке 4 видно, что значения буферности почвы к кислотам изменяются в пределах от 6,75 до 7,55, размах составляет около 0,80 единицы. Вариация данного параметра, по сравнению с двумя предыдущими (нейтральная и щелочная буферность) довольно большая по данному слою. Наибольшие значения (более 7,25) приурочены к подножью бугра Бэра, максимально значение было зафиксировано в центре этой зоны. Площадь данной зоны занимает чуть менее половины исследуемого участка. Наименьшие значения распространены в восточной части исследуемого участка, приуроченной к дренажному каналу, минимальное значение зафиксировано в средней и южной части данной зоны.

В пространственном распределении значений буферности почвы к кислотам по поверхностному слою исследуемых почв наблюдается тенденция к уменьшению значений с понижением положения в рельефе ландшафта, пространственное распределение значений в северной части исследуемой территории никак не связано с рельефом, однако большая часть повторяет рельефные изолинии.

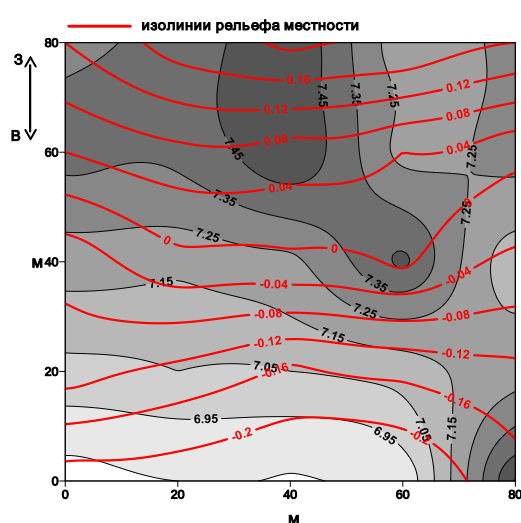


Рис. 4. Пространственное распределение буферности почвы к кислотам по слою 0–5 см

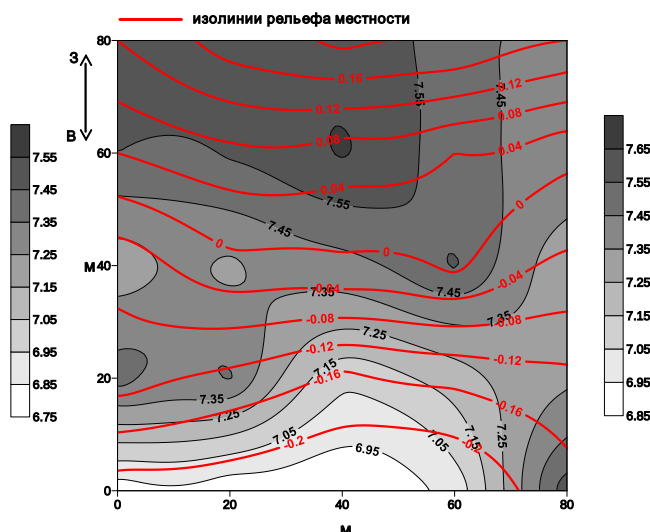


Рис. 5. Пространственное распределение буферности почвы к кислотам по слою 40–45 см

Характер пространственного распределения буферности почвы к кислотам по слою 40–45 см (рис. 5) так же совпадает с распределением в поверхностном слое. Наименьшие значения расположены в центре восточной части участка, наибольшие – в юго-западной. Площадь зоны распространения наибольших значений (более 7,25) возрастает и занимает уже больше половины исследуемого участка. Максимальное и минимальное значения увеличились на 0,05 единицы. Преобладание больших значений так же увеличилось, что свидетельствует

об увеличении значений буферности почвы к кислотам на данной глубине по сравнению с поверхностными слоями.

Таким образом, в пространственном распределении всех исследуемых типов буферности по слоям постагрогенных почв антропогенно измененного ландшафта, в большинстве своем, прослеживаются определенные закономерности. Во-первых, величина данного параметра увеличивается с глубиной и увеличивается количество больших значений. Во-вторых, вариация значений буферности с глубиной уменьшается, на глубине 40–45 см как правило, фиксируется наименьший размах. В-третьих, тенденция к уменьшению значений буферности с понижением в рельефе исследуемого ландшафта прослеживается, но с разной степенью выраженности.

Литература

1. Виноградова С. С. Буферная емкость почв как их способность к подщелачиванию // Вести. БФУ. 2013. № 1. С. 102–109.
2. Гедройц К. К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. М. : Сельхозгиз, 1935. 344 с.
3. Яковлева Л. В., Давлетова З. А. Сезонное изменение гумусного состояния аллювиальных луговых почв дельты Волги обвалованных и не обвалованных лугов // Естеств. науки. 2012. № 3. С. 82–90.
4. Джумах Ашрам Мазен Потенциальная буферная способность почвы по отношению к калию в выщелоченном черноземе при длительном применении различных систем удобрений // Изв. С.-Петерб. аграр. ун-та. 2007. № 5. С. 47–45.
5. Иванова С. Е. Ладонин Д. В., Соколова Т. А. Экспериментальное изучение некоторых кислотно-основных буферных реакций в палево-подзолистой почве // Почвоведение. 2002. №1. С. 68–77.
6. Кислотно-основная буферность подзолистых почв и ее изменение под влиянием обработок реактивами Мера-Джексона и Тамма / Ю. Г. Максимова, Н. Н. Маряхина, И. И. Толпешта, Т. А. Соколова // Почвоведение, 2010. № 10. С. 1208–1220.
7. Покатилова А. Н. Кислотно-основная буферность черноземных почв Южного Зауралья и ее изменение при антропогенном воздействии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Алт. гос. аграр. ун-т. Барнаул, 2008, 19 с.
8. Понизовский А. А., Пампура Т. В. Применение метода потенциометрического титрования для характеристики буферной способности почв // Почвоведение. 1993. № 3. С. 106–115.
9. Bradfield R., Cowan E. The effect of the hydrogen-ion concentration upon the absorption of calcium by a colloidal clay // Soil. Sci, 1927. Vol. 24, N 5. P. 29–34.

ASID – BASE SOIL BUFFERING CAPACITY OF ANTHROPOGENICALLY MODIFIED AGRICULTURAL LANDSCAPE OF THE ASTRAKHAN REGION

Kochubeev A. A.

Astrakhan State University, Astrakhan, vermilionsunset@rambler.ru

The objectives of this science work are researching of Volga River delta surface layer soil buffering and variability of techniques to research the problem.

Acid-alkaline soil buffering is one of the fundamental soil properties that is directly based on the chemical composition of the soil absorb complex and has a direct impact on the plants growth and vital activity. The objective of this article is the research and description of the soil buffering of agricultural Astrakhan soils. We researched 4 soil layers: 0–5 cm, 10–15 cm, 20–25 cm, 40–45 cm and analyzed the dependence of soil buffering from different soil properties.

ВЛИЯНИЕ ЛИТОГЕННОГО ФАКТОРА НА ОБРАЗОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ФОРМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Мальцева А. Н., Пинский Д. Л.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, anasmalts@rambler.ru

Исследование биогеохимических процессов формирования и сохранения органического вещества в почвах является одной из важнейших проблем почвоведения. Основным возобновляемым источником поступления органического вещества (ОВ) в почву агробиоценозов и природных экосистем являются растительные остатки. Непрерывное поступление разлагающихся растительных остатков на поверхность почвы обеспечивает протекание цикла углерода в почве и экосистемах в целом. Большая часть мортмассы подвергается глубокой минерализации, а часть сохраняется в составе почвенного ОВ. Разложение идентифицируемых органических компонентов растительного материала сопровождается формированием более сложных форм почвенного органического вещества – гумусовых веществ [1]. Скорость и направленность трансформации органического вещества определяется, в основном, качеством РО, активностью почвенных организмов и свойствами физической среды. Естественное плодородие почв во многом обусловлено характером процесса гумификации, на направленность которого в значительной степени влияет минеральная среда. Несмотря на многочисленные исследования разложения РО в почвах, роль минералогического фактора в этих процессах изучена недостаточно. Абиотические процессы в первую очередь могут контролировать образование устойчивых форм ОВ. Взаимодействия с почвенными минеральными компонентами являются одним из механизмов стабилизации ОВ [3; 4]. В зависимости от преобладающего механизма органо-минеральных взаимодействий, определяемого свойствами минеральной среды, образуются соединения различной прочности и, следовательно, биодоступности.

В почве в естественных условиях выявить роль литогенного фактора в процессе трансформации ОВ затруднительно. Модельные системы с известным составом и начальными условиями используются для исследования факторов, определяющих динамику и свойства ОВ [5]. Для изучения особенностей органо-минеральных взаимодействий проведен инкубационный эксперимент в лабораторных условиях. Для эксперимента были подготовлены восемь вариантов искусственных субстратов, представляющих собой смеси минеральной фазы с измельченными РО клевера или кукурузы в соотношении 1:10. В качестве минерального наполнителя использовались отмытый песок, покровный суглинок и смеси песка с каолиновой или бентонитовой глинами. Инкубация осуществлялась при постоянных температуре и влажности в течение 6 месяцев.

В ходе трансформации остатков формируются органо-минеральные соединения различной природы и свойств с участием промежуточных продуктов

трансформации растительной мортмассы, метаболитов микроорганизмов, новообразованных гумусовых веществ. Биодоступность ОВ в составе органо-минеральных комплексов зависит от прочности его связи с минеральной поверхностью и местом локализации в агрегатах. Наибольшие минерализационные потери $C_{орг}$ характерны для вариантов с песком. Установлено, что в вариантах с глинами интенсивность минерализации ОВ выше в присутствии каолинита, как при разложении РО клевера, так и при трансформации кукурузы, по сравнению с бентонитовой глиной. В суглинке процесс минерализации ОВ по сравнению с другими вариантами замедлен.

Несмотря на то, что динамика азота определяется, в первую очередь, биохимическим качеством растительного материала, в ходе эксперимента выявлены некоторые закономерности этого процесса в зависимости от состава неорганических компонентов. Органический азот растительных остатков микробиологически трансформируется в микробную биомассу, включается в состав новообразованных ГВ, а также минерализуется до конечных продуктов. В ходе опыта отмечена волнообразная динамика изменения содержания азота, обусловленная минерализационно-иммобилизационными процессами трансформации азота микроорганизмами [2]. Резкое снижение концентрации N в течение первого месяца опыта при инкубации РО клевера связано с газообразными потерями в виде аммиака. За 1 месяц инкубации первоначальное содержание азота снизилось в 1,8 раза в массе бентонитовой глины и в 2,4 раза в каолинитовой. Интенсивный процесс аммонификации обусловлен высоким исходным содержанием азота в составе клевера. По мере израсходования легкодоступных соединений наблюдалась иммобилизация азота. В вариантах с остатками кукурузы минерализационные потери азота выражены в меньшей степени. На первой стадии разложения остатков кукурузы с более широким соотношением C/N происходит некоторое увеличение концентрации азота. Колебательный характер наблюдаемых зависимостей, может быть связан с изменением состава микробного сообщества, с одной стороны, и формой нахождения азота в составе органических молекул – с другой. В вариантах с бентонитом и с суглинком концентрация азота выше, по сравнению с каолинитом и песком, как при разложении остатков кукурузы, так и клевера на протяжении всего времени инкубации. Результаты эксперимента показывают, что при прочих равных условиях в динамике азота немаловажную роль играет небιологическая фиксация азота минеральными матрицами посредством различных механизмов.

pH среды влияет на протекание физико-химических реакций и интенсивность биологических процессов. Во всех исследуемых системах процесс трансформации РО клевера и кукурузы сопровождался подщелачиванием среды. В ходе эксперимента выявлено, что изменение и установление конечной величины pH существенно зависит от свойств твердой фазы. Для достижения равновесных величин pH в системах с различными минеральными компонентами требуется различная продолжительность инкубации. В субстратах с добавлением бентонита равновесие наступает достаточно быстро – в первые 10 сут. эксперимента. Наибольшее время инкубации (около 60 сут.) требуется для установления постоянного значения pH в суглинке. Таким образом, литогенная ос-

нова через создаваемую реакцию среды оказывает также опосредованное влияние на процессы минерализации, стабилизации и гумификации ОВ.

Влияние минеральной среды отчетливо проявляется на величине константы минерализации устойчивого пула ОВ k_2 , рассчитанной по двухкомпонентному экспоненциальному уравнению. Наибольшая скорость разложения устойчивого пула, формирующегося при трансформации остатков кукурузы и клевера, характерна для песчаного субстрата и систем, содержащих каолинит. Так, при инкубации кукурузы величина константы k_2 для варианта с внесением бентонита ниже в 1,6 раз, чем в варианте с каолинитом. Разный характер связей ОВ с минеральной поверхностью подтверждается количеством и качеством экстрагируемого гумуса. В вариантах с каолиновой глиной в ходе экстракции извлекается больше $C_{орг}$. В бетонитовых субстратах на долю негидролизующего остатка приходится около 50–55 %. Установлено, что минералогические особенности глин влияют на фракционно-групповой состав системы новообразованных гумусовых веществ.

Таким образом, при одном и том же биохимическом составе органических остатков в присутствии разных минеральных фаз формируется различная система ОВ. При инкубации различных по составу и структуре РО в двухкомпонентных минеральных системах в вариантах с глинами стабилизирующее влияние бентонита проявляется в большей степени, чем каолинита. Более высокая удельная площадь поверхности, высокая емкость, возможность межслоевой фиксации, большая предрасположенность к микроаггированию трехслойных силикатов в составе бентонитовой глины обуславливают сохранение большего количества $C_{орг}$. Глинистые минералы в составе бентонита и суглинка, снижают потери азота в процессе трансформации органических остатков, по сравнению с каолинитом и песком. При трансформации ОВ остатков в контакте с различными минеральными компонентами формируются органо-минеральные соединения разного состава и стабильности. Минеральная среда при прочих равных абиотических условиях среды играет существенную роль в структурно-генетической трансформации продуктов гумификации и повышения их стабильности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проекты № 16–34–01172 мол_а, № 16–04–00924.

Литература

1. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
2. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М. : ГЕОС, 2015. 233 с.
3. Impact of phyllosilicate mineralogy on organic carbon stabilization in soils: incomplete knowledge and exciting prospects / P. Barré, O. Fernandez-Ugalde, I. Virto, B. Velde, C. Chenu // Geoderma. 2014. Vol. 235–236. P. 382–395.
4. Mineral-organic associations: formation, properties, and relevance in soil environments / M. Kleber, K. Eusterhues, M. Keiluweit, C. Mikutta, R. Mikutta, P. S. Nico // Advances in Agronomy. 2015. Vol. 130. P. 1–140.

5. Development of biogeochemical interfaces in an artificial soil incubation experiment, aggregation and formation of organo-mineral associations / G. J. Pronk, K. Heister, G. -C. Ding, K. Smalla, Kögel- I. Knabner // *Geoderma*. 2012. Vol. 189–190. P. 585–594.

THE INFLUENCE OF LITHOGENIC FACTOR ON THE FORMATION OF RESISTANT FORMS OF ORGANIC MATTER

Maltseva A. N., Pinskiy D. L.

*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Pushchino, Russia,
anasmalts@rambler.ru*

The amount and composition of soil organic matter (SOM) significantly affect the functioning of natural ecosystems and agrocenosis. The role of mineral components of soil in processes of resistant SOM formation is studied poorly. The effect of the lithogenic factor on the transformation of organic matter to stable organic compounds was studied in the model experiments. In the transformation of plant residues in contact with different mineral components are formed organo-mineral compounds of various composition and stability. The dynamics of carbon and nitrogen is largely governed by a chemical and mineralogical composition of mineral substrates. Mineral medium under equal abiotic conditions of the environment plays a significant role in the intensity of the processes of mineralization and humification.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ МЕЩЕРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В ПРЕДЕЛАХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Мажайский Ю. А., ²Томин Ю. А., ³Икромов И. И.

^{1,2}ООО «Мещерский научно-технический центр», Рязань, Россия, mail@mntc.pro,

³Таджикский аграрный университет им. Шириншох Шотемур, Душанбе, Таджикистан,
islom_58@mail.ru

⁴Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева,
г. Рязань, Россия, firdavsi92_92@mail.ru

Аннотация. В статье приведены краткая характеристика Окско-Мещерского полесья: климат, гидрология, почвы. Дан анализ использования мелиорируемых земель в 1970 – 80 годах, их площади и техническое состояние. Показано современное состояние мелиоративных систем. Дана критериальная оценка техническому их состоянию. Установлено, что около 70 % сооружений систем находится в неудовлетворительном состоянии и требуют реконструкции. Показана необходимая охрана природного комплекса Окско-Мещерского полесья, и охрана торфяных почв от их трансформации и возгорания.

Ключевые слова: Окско-Мещерское полесье, критерии оценки систем, техническое состояние, урожайность культур, охрана природы.

Объект исследования – мелиорируемые земли и мелиоративных систем Окско-Мещерское полесье.

Цель исследований – оценка современного состояния мелиорируемых земель и сооружений мелиоративных систем.

Методика исследований включает информационный поиск и проведение обследования технического состояния мелиоративных систем.

Полесье – центр нечерноземной зоны Российской Федерации представлено Мещерской низменностью, которая в природно-экологическом плане представляет собой обширную плоскую равнину с переувлажненными минеральными почвами, большими массивами болот, лесов и многочисленных озер. Низменность расположена непосредственно в центре европейской части России в междуречье Оки, Москвы, Клязмы, Судоды и Колпи, и занимает восток Московской области, северную часть Рязанской и южную Владимирской. Ее площадь составляет 2,3 млн га. В сельском хозяйстве используется 39 % ее территории, остальная площадь принадлежит лесному государственному фонду. Заболоченность земель Мещеры создает значительные препятствия для развития сельского хозяйства. Мелиоративный фонд заболоченных и избыточно-увлажненных земель здесь составляет 456 тыс. га из которого 11,5 % его площади представлены торфяными месторождениями. Осушенные и окультуренные торфяники являются плодородными органогенными почвами, богатые органическим веществом, азотом и влагой. Низменность характеризуется умеренно континентальным климатом с относительно холодной осенью, умеренной зимой, длительной весной и теплым летом.

В гидрологическом отношении Окско-Мещерское полесье представляет собой плоскую пониженную заболоченную равнину с небольшим уклоном поверхности, низкие гипсометрические отметки, близость водоупорного горизонта вызвали слабое развитие гидрографической сети с затрудненным поверхностным и подземным стоком, что приводит к длительному застаиванию на поверхности избыточных вод и к заболачиванию территории. В отличие от болот Белорусского полесья болота Окско-Мещерского полесья имеют островной характер с небольшими размерами. В сельском хозяйстве используются болота низинного типа, которые расположены в долинах рек. Питание низинных болот в основном – грунтовое.

В Окско-Мещерском полесье распространены в основном почвы четырех типов: дерново-подзолистого, дернового, болотного и пойменно-лугового. Однако, в системе сельскохозяйственного производства, главным образом, из мелиорируемого фонда используются дерново-подзолистые, торфяные низинного типа и пойменные почвы [1].

Дерново-подзолистый тип почв и его разновидности (слабодерново-подзолистые, среднедерново-подзолистые и глубокодерново-подзолистые) – это основной сельскохозяйственный фонд, а переувлажненные слабо, средне и сильно оглеенные – основной мелиоративный фонд Мещерского полесья. По механическому составу дерново-подзолистые почвы не однородны. Так, в южной части полесья преобладают суглинистые и легкосуглинистые почвы, в центральной, приозерной – песчаные, в северо-восточной – супесчаные. В зависимости от механического состава определяется и их потенциальное плодородие. Почвы на кварцевых песках наименее плодородны, более богаты супесчаные и наиболее продуктивные суглинистые.

Минеральные переувлажненные супесчаные почвы Мещерского полесья, характеризуются кислой реакцией, небольшим содержанием гумуса, обменного калия и подвижного фосфора. В связи с этим они требуют регулирования водного режима, нуждаются в известковании внесении органических и минеральных удобрений.

К болотному типу Мещерского полесья относятся перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые и торфяные.

В сельскохозяйственном производстве используются, главным образом, низинные торфяники, различной мощности, требующие щадящего режима их использования и охраны.

Широкая комплексная мелиорация этого режима была проведена в 70–80-е гг. прошлого столетия на основе анализа природных условий и научно-го обоснования проводимых мелиоративных работ с учетом экологического состояния природного комплекса Мещерского полесья.

Начиная с 1990 г. до настоящего времени в связи с экологическим оздоровлением природного комплекса Окско-Мещерского полесья и восстановлением обводненности его территории, мелиоративное строительство по осушению новых болот и переувлажненных земель здесь больше не проводится. Мелиорация здесь приняла эколого-агромелиоративное направление. В основном ведутся агромелиоративные работы по реконструкции ранее построенных

мелиоративных систем осушения и орошения и обеспечения эффективного плодородия мелиорируемых земель, а также по снижению антропогенного влияния на окружающую среду этого природного комплекса. С этой целью регулярно проводятся систематическое обследование и оценка технико-мелиоративного состояния осушительно-увлажнительных систем, позволяющая определить первоочередные объекты ремонта и реконструкции, установить причину неудовлетворительной урожайности сельскохозяйственных культур. ВНИИГиМ, совместно с Мещерским филиалом разработана номенклатура оценочных показателей мелиоративного состояния осушенных земель, включающая критерии водного режима, характеристику поверхности осушенных земель, техническое состояние сооружений системы и уровень плодородия почв [2].

В зависимости от качественного или количественного выражения выбранных показателей устанавливаются следующие оценки: «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При этом общая оценка мелиоративного состояния объекта получается из совокупности оценок по отдельным показателям. При их равноценности она вычисляется как средняя.

Практика использования мелиоративных систем показала, что не своевременное проведение агро-мелиоративных мероприятий по реконструкции осушительно-увлажнительной системы, приводит к развитию процессов вторичного заболачивания, залесения, закисления и снижения эффективного плодородия почв и, в конечном итоге, к сокращению мелиоративного фонда.

Так, в Рязанской Мещере по состоянию на 1 января 1987 г. площадь мелиорируемых земель составляла 185,5 тыс. га, из них 131,8 тыс. га осушаемых и 53,7 тыс. га орошаемых, а на 1 января 2014 г. общая площадь мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения составила 113,4 тыс. га (из них осушаемых 85,5 тыс. га и орошаемых 27,9 тыс. га), т. е. сократилось на 40 %. Обследование мелиоративных систем Мещерского полесья показало, что большинство из них (70 %) требует капитальной реконструкции и ремонта отдельных сооружений и конструкций в едином комплексе с агротехническими мероприятиями по восстановлению проектного плодородия и охраны природной среды.

Мелиорация, решая задачу повышения продуктивности земельных угодий, может вызвать и ряд негативных явлений в природной среде. Поэтому на стадии проектирования и строительства новых мелиоративных и реконструкции старых систем наряду с экономическими интересом должны учитываться экологические и природоохранные. В использовании болот (сельскохозяйственное, промышленное, экологическое) необходим экосистемный подход, поскольку воздействие на любой фактор сложного болотного комплекса затрагивается и вся экосистема. Не только проведение осушительных мелиораций, но и использование болота в качестве сенокоса или добычи торфа, вызывает нарушение природного функционирования экосистемы, замедляет нормальное течение торфообразовательного процесса. Поэтому охрана осушенных торфенно-болотных почв требует не только их охрану, но и охрану всего природного болотного комплекса. Охране подлежат природные ресурсы, расположенные в

пределах мелиоративной системы, в пограничной зоне и зонах ее влияния (вода, земля, растительность, животный мир, ландшафты, памятники истории и культуры). В Окско-Мещерском полесье с этой целью в 1992 г. был создан Национальный парк «Мещерский» площадью 105 тыс. га. Парк расположен на севере Рязанской области и охватывает: переувлажненные почвы, многочисленные озера, прилегающие к ним низинные болота, долину реки Пра (приток Оки), а также систему верховых болот на водоразделе Пры и Солотчи, т. е. значительную часть природного комплекса Окско-Мещерского полесья. Деятельность национального парка, в соответствии с планом его долгосрочного развития, ориентирована на решение следующих основных задач: охрану дикой природы (сохранение видов и генетического разнообразия); проведение научных исследований и экологического мониторинга; развитие рекреация и туризма; изучение и сохранение культурного наследия; организацию международного сотрудничества. Что касается охраны торфяных почв, то она осуществляется с помощью агротехнических, мелиоративных, противоэрозийных, хозяйственно-организационных и противопожарных мероприятий. При этом мелиоративные мероприятия должны обеспечивать оптимальный водно-воздушный режим в отдельные фазы вегетационного периода. Агротехнические мероприятия должны быть направлены на максимальный выход продукции и положительный баланс органического вещества торфа. На всех разновидностях торфяных почв следует применять «щадящие» агротехнические приемы (сокращение глубоких обработок и рыхлений), научно-обоснованные севообороты, систем удобрений и др. Для защиты торфяных почв от ветровой эрозии необходимо увеличить число полей многолетних трав в севообороте, шире применять противодефляционные обработки (прикатывание, безотвальная пахота), проводить сев в ранние сроки, использовать минеральные добавки (песок, глина). В мелиоративном проекте следует предусматривать противопожарные мероприятия исключающие возможности возгорания торфа и обеспечивающие быструю локализацию очагов пожара.

Предупреждение возгорания торфяных почв осуществляется путем выполнения организационно-хозяйственных гидро- и агро-мелиоративных мероприятий. При этом важным условием агро-мелиоративных мероприятий является постоянное нахождение растительности на полях торфяного объекта.

Наши исследования [3] показали, что максимальная температура поверхности торфяных почв занятая многолетними травами на 14,8°С ниже, чем на паровой площадке, что исключает процесс самовозгорания. Эффективным агро-мелиоративным приемом по сохранению торфяных почв от самовозгорания является структурная мелиорация, заключающаяся во внесении на поверхность залежей слоя песка или глины. Этот прием не только предохраняет торфяную почву от возгорания, но и повышает ее продуктивность на 15–30 %. Важным гидротехническим мероприятием сохранения выведенных (по некоторым причинам) из эксплуатации торфяных объектов сельскохозяйственного назначения от пожара, является их обводнение (затопление). Обводнение торфяников заключается в строительстве сооружений препятствующих стоку воды и

устройств ее подачи на объект, в случае необходимости. Работы по обводнению торфяников ведутся в Московской и Владимирской Мещере.

Заключение. Обобщая вышеизложенное можно заключить, что для защиты торфяных почв от антропогенной деградации (выработке, сработки), возгорания необходимо:

- наличие осушительно-увлажнительных систем позволяющих оперативно управлять водным режимом и обеспечивать оптимальную влажность почвы для роста и развития сельскохозяйственных культур;

- использование торфяных почв в щадящих травопольно-кормовых или травопольных севооборотах с наличием многолетних трав не менее 70 % и исключении чистых паров;

- применение структурной мелиорации (покровного или смешанного пескования, глинования);

- использование подтопления территорий, выработанных или сработанных торфяников с целью обводнения прилегающих территорий.

Литература

1. Виленский Д. Г. Мещерская низменность и ее комплексное исследование // Исследование природных условий сельского хозяйства Мещерской низменности / Тр. Окско-Мещерской экспедиции биол.-почв. фак. МГУ. М. : Изд-во МГУ, 1961. С. 9–11.

2. Панади А. Д., Томин Ю. А., Пыленок П. И. Критерии оценки мелиоративного состояния осушенных земель // Информационный листок № 174. Рязань : Рязан. ЦНТИ, 1986

3. Черников А. Е., Томин Ю. А., Мажайский Ю. А., Курчевский С. М. Агромелиоративные направления охраны торфяных почв при сельскохозяйственном использовании // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 6. С. 8–10.

ANALYSIS OF THE CONDITION OF RECLAIMED LAND MESHCHERA LOWLANDS WITHIN THE RYAZAN REGION

Mazhaysky Yu. A., Tomin Yu. A., Ikromov I. I., Ikromi F.

Ltd «Meshchersky science and technology center», Ryazan, Russia

Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur, Dushanbe, Tajikistan,

Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan, Russia

Summary. The article presents brief characteristics of the Oksko-Meshchersky woodland: climate, hydrology, soils. Analyzes the use of reclaimed land in 1970 – 80 years, their area and condition. Current state of irrigation and drainage systems. Given the criterion of technical assessment of their condition. It is estimated that around 70 % of installations are in poor condition and require reconstruction. Shows the required protection of the natural complex of the Oksko-Meshchersky woodlands, and protection of peat soils from their transformation and fire.

Keywords: Oka-Meshcherskoye woodland, the criteria for evaluation systems, technical condition, the yield of crops, protection of nature.

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ УСОЛЬСКОГО СВИНОКОМПЛЕКСА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. А. Мартынова¹, С. А. Рыбинский², А. П. Кулакова³
Е. А. Зимник⁴, Е. Р. Хадеева⁴, В. М. Халбаев⁴**

¹Иркутский госуниверситет, Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

²Дума г. Усолье-Сибирское, Sergei.ribinskij@yandex.ru

³ТК «Усолье», ООО «Инфоцентр», ekuan11@mail.ru

⁴Институт географии СО РАН, war_ker@mail.ru

Обеспокоенность думы Усольского района состоянием природной среды в районе предприятия СХПК «Усольский свинокомплекс», гражданской позицией и жалобами жителей в районе предприятия и пос. Белореченский обусловили необходимость проведения обследования качества вод в пойме р. Мальтинка Усольского района Иркутской области, а также – почвенного покрова на полях и окрестностях, на которые происходит слив отходов. Деятельность по использованию отходов в качестве удобрений в соответствии с ч. 2 ст. 9 ФЗ от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» являясь лицензированным видом деятельности по утилизации отходов 4-го класса опасности, накладывает ответственность на руководителей.

Многолетними исследованиями различных ученых установлено, что орошение с использованием сточных вод свинокомплексов оказывает неоднозначное влияние на природную среду: зависимость улучшения водно-физических свойств и водного режима почв, увеличения содержания агрономически ценных агрегатов, целлюлозоразрушающей активности и санитарно-бактериологического состояния почв, урожайности зависит от норм внесения сточных вод без вредных веществ.

Одними из наиболее опасных загрязняющих веществ, поступающих с отходами свиноводства в почву, являются нитраты. Занитрачивание почв способствует загрязнению ими сельхозпродукции, что приводит к заболеваниям человека и животных. Подобные почвы требуют обязательной ремедиации. Одним из наиболее прогрессивных методов считается метод фиторемедиации, применяемый не только по отношению к нитратам, но и по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам. На загрязненных почвах выращиваются специальные сорта растений (горчицы, клевера, редьки масличной и др.), которые в своей биомассе накапливают большое количество нитратов; затем в период наибольшей фитоэкстракции – биомасса скашивается и утилизируется на поля, испытывающие нехватку азота. Растения способны выносить из почвы до 250 кг/га нитратов, что позволит очистить загрязненную почву за один-два вегетационных сезона [2]. Наиболее токсичными для большинства животных являются нитриты, образующиеся при анаэробном и микробиальном восстановлении нитратов или при окислении ионов аммония.

Проблему орошения с использованием сточных вод следует рассматривать и как их утилизацию, и как получение дополнительного водного ресурса. Давно рекомендованы технологии цикличного орошения с использованием сточных вод свинокомплексов [1]. Научно-обоснованные технологии утилизации сточных вод с их использованием в качестве удобрения и водного ресурса предполагает следующую схему: в течение двух лет орошение сточными водами производится только природной водой, в последующие четыре года – с использованием сточных вод нормой до 300 кг/га азота, что позволит снизить и предотвратить загрязнение почв, вод и растениеводческой продукции нитратами, тяжелыми металлами и химическими соединениями, снизить влияние патогенной микрофлоры и яиц гельминтов, что резко сокращает использование гербицидов.

Так как проблема контроля за соблюдением законодательства и санитарно-технических норм при переработке отходов свинокомплексов и отрицательного влияния стоков свинокомплексов на почвы и природную среду при их несоблюдении носит общероссийский характер, сотрудниками кафедры почвоведения в ответ на запрос думы Усольского района было принято решение об исследовании почв и ландшафтов в районе СХПК «Усольский свинокомплекс» для выявления их свойств и особенностей и устойчивости к влиянию сливных стоков предприятия.

Согласно запросу было проведено обследование воды в р. Мальтинка, почв и ландшафтов в районе СХПК «Усольский свинокомплекс» совместно с испытательной лабораторией (центром) Института географии СО РАН им. В. Б. Соचाва (аттестат аккредитации № РОСС RU 0001.517613, внесенным в реестр аккредитованных лиц 24.10.2014 на основании договора НИР № 15/16 от 28.04.2016 «Проведение изучения примесей природной и сточной (стоков) воды на исследуемых территориях»). Согласно нормам, неразделенный навоз необходимо выдерживать в резервуарах перед внесением на поля в течение 12 месяцев. Жидкую фракцию после сепарации разрешается вносить на поля: в летний период по истечению 4 месяцев, а в зимний – 6 месяцев. Это необходимо для уничтожения гельминтов и семян различных сорняков. Наиболее экономически выгодный вариант – выдерживание в 6-месячном карантине разделенной жидкой фракции навоза в монолитном железобетонном резервуаре. Прицепные тракторные цистерны в период до вегетации и после уборки урожая рекомендуются оснащать системами для внутрипочвенного внесения навоза при внесении их вблизи от населенных пунктов (рис. 1) для предотвращения потерь питательной ценности и уменьшения влияния вредных веществ и запахов, на что жалуются местные жители, что не применяется в СХПК «Усольский свинокомплекс».

Использование жидкого навоза в качестве удобрения является наиболее дешевым способом его утилизации, но это требует наличия огромных площадей. Наиболее экологично использование железобетонных резервуаров со сроками эксплуатации, не превышающими 50 лет. Сточные воды иловых карт СХПК «Усольский свинокомплекс» вносятся на поля с нарушением сроков и норм (рис. 2). Очень высокое содержание в сливных водах фенола (превышение ПДК более, чем в 100 раз), при том что его соединения быстро разлагаются в

природе говорит о том, что они не выдерживаются в лагунах-накопителях, а, возможно, сразу вносятся на поля сельхозугодий.



Рис. 1. Сбрасывание сточных вод на поля СХПК «Усольский свинокомплекс»

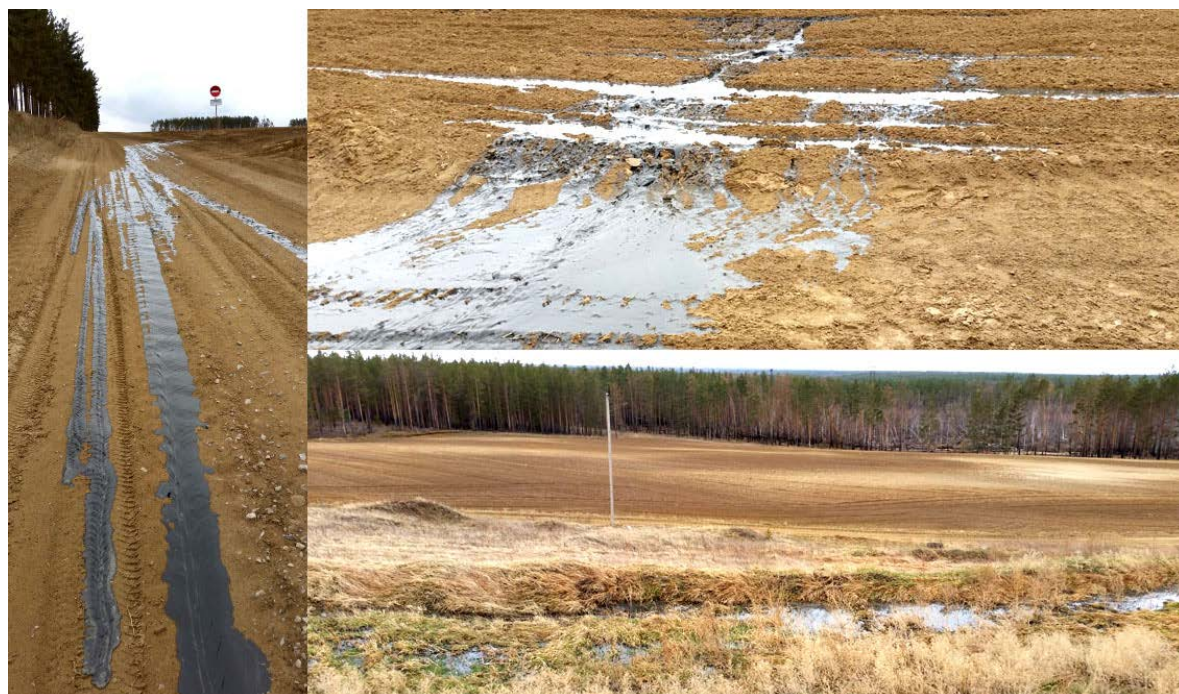


Рис. 2. Сбросовые воды СХПК «Усольский свинокомплекс» стекают по полю, по склону, по дороге и накапливаются в заболоченных лагунах вокруг сельскохозяйственных полей

Вероятно, СХПК «Усольский свинокомплекс» необходимо расширить количество и емкость резервуаров и лагун-накопителей сточных вод для нормативного выдерживания в них производственных стоков. Ведь для консервации и переработки отходов свинокомплекса в 20 тыс. голов необходимо как минимум 2 резервуара площадью по 1 га (100×100 м) и глубиной с 9-этажный дом (не менее 30 м), чтобы стоки одного выводить на поля весной, до посевов, а другого – осенью после сбора урожая, что требует больших площадей. Пока площадей в Иркутской области еще хватает, значит – необходимы лишь финансовые вливания, новые технологии и, главное, понимание необходимости обезвреживания стоков перед их внесением на поля.

Свинокомплекс оказывает огромное давление на природную среду. Подсчитано, что в среднем, влияние производства свиней в 100 тыс. голов оказывает влияние, сравнимое с влиянием города с населением 450–500 тыс. населения. Очень важно для руководителей такого масштаба производств осознание и понимание возможных последствий производства на окружающую среду и принятие соответствующих мер. И – главное – все-же соблюдение норм, определенных законодательными актами и нормативами.

Применение сточных вод в контролируемых размерах должно увеличивать содержание аммонийного азота и подвижного фосфора, не приводя к увеличению нитратов, что будет способствовать улучшению питательного режима почв. В то же время, чрезмерное количество сточных вод будет способствовать увеличению рН почв (подщелачиванию), что может снижать доступность фосфора и многих элементов питания. Длительное непрерывное орошение с использованием сточных вод свинокомплекса приводит не к увеличению гумуса в почве, а к обратному эффекту – снижению его содержания и его быстрой минерализации из-за увеличения целлюлозоразрушающей активности почвы. Длительное и непрерывное применение сточных вод иловых карт приводит к уменьшению порозности почв, увеличению плотности и снижению содержания воздуха, а при наличии мерзлоты – к застаиванию влаги и процессам оглеения, что снижает качество почв и урожайность.

Существует запрет внесения жидкого навоза по мерзлой земле или на затопляемых участках, что также не соблюдается СХПК «Усольский свинокомплекс». Выливание стоков на поверхность сельскохозяйственных полей без их внутрипочвенного запахивания приводит к формированию эрозийных поверхностных стоков, так как даже относительно пологие склоны и супесчаный состав аллювиальных почв не способствуют впитыванию осадков сточных вод и их обезвреживанию почвенными процессами (рис. 3). Только запахивание способствует проникновению сточных вод отдельными участками на глубину не более 20 см. Для почв характерны мерзлотные криотурбации, т. е. мерзлота будет способствовать сбросу сточных вод вниз по склонам по надмерзлотным горизонтам в грунтовые и в речные воды.



Рис. 3. Аллювиальные серогумусовые почвы с погребенным темногумусовым горизонтом сельхозугодий СХПК «Усольский свинокомплекс»



Рис. 4. Искусственные лагуны сточных вод сельскохозяйственных полей СХПК «Усольский свинокомплекс» в районе ЛЭП

Большая часть сточных вод, стекая вниз по склонам, образует «заболоченные» гнилостные «лагуны» вокруг полей, чему способствует наличие мерзлоты в почве. Почвы начинают оттаивать лишь в апреле. Сливные воды по надмерз-

лотным горизонтам почв «текут» дальше вниз по рельефу и могут попадать в грунтовые и речные воды. Наличие мерзлоты ведет порой к формированию целых «озер» сточных вод (рис. 4), причем, находящихся на арендуемых «полях» зоны ЛЭП.

О каких урожаях здесь может идти речь, если даже взятие проб проблематично – тонешь в болоте стоков. При этом дышать невозможно – жуткие запахи. Анализы показали, даже с учетом отстаивания и разложения фенолов, оседания органических комплексов с нефтепродуктами на дно «искусственного» резервуара сточных вод, – превышение по фенолам более, чем в 45 раз, по нефтепродуктам – более, чем в 5 раз, а по содержанию азота аммонийного – более чем в 16 раз. Это говорит о том, что сюда регулярно сливаются сливные воды именно с целью их утилизации, но никак не для повышения урожайности полей или сохранения экологии природных ландшафтов и вод. К тому же, усиление действия патогенных организмов в почвенных грунтах вокруг опор ЛЭП может усиливать процессы разрушения и выветривания материалов опор.

Во многих случаях непрерывное длительное орошение сточными водами свиного комплекса приводит к загрязнению почв тяжелыми металлами, о чем косвенно может свидетельствовать процессы деградации и опустынивания ландшафтов, подвергающихся постоянному воздействию сточных вод СХПК «Усольский свиного комплекс». Необходимо проведение дополнительных исследований на присутствие ТМ в почвах полей СХПК «Усольский свиного комплекс». Попадание вредных и биогенных веществ (фосфор, азот и аналогичные) в водоемы с дождевыми или грунтовыми водами с объектов сельского хозяйства, на которые выливаются сбросовые воды свиного комплекса, вызывает бурный рост первичной биопродукции в водоемах и снижение качества воды.

Орошение с использованием сточных вод свиного комплекса оказывает влияние на гидрохимический и санитарно-бактериологический состав поверхностных и лизиметрических вод: возрастает содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах – аммиака, нитритов, нитратов. Процесс самоочищения вод идет весной за счет разбавления во время снеготаяния и фильтрации через почвенные грунты и осенью в сезон дождей и протекает медленно. Предварительный анализ вод р. Мальтинки в районе СХПК «Усольский свиного комплекс» по результатам лаборатории Ин-та географии СО РАН не показал превышения ПДК по основным загрязнителям, что может быть следствием пока еще достаточно высокой природной способности окружающих ландшафтов очищать и нейтрализовать влияние стоков «Усольского свиного комплекса». Хотя визуальное обследование мест слива сточных вод свидетельствует о том, что негативные нарушения накапливаются в биоценозах, подвергающихся влиянию стоков настолько, что местами не только снижается биоразнообразие ценозов и ухудшаются свойства почв, но биоценозы деградируют до их полного исчезновения (рис. 5).

Для полной уверенности чистоты речных вод от бактериального загрязнения необходимо определение содержания микроорганизмов в поверхностных водах в зоне влияния СХПК «Усольский свиного комплекс». Превышение в составе сливных вод содержания нефтепродуктов (более, чем в 30 раз) говорит о

том, что нет надлежащего контроля за разделением сточных вод производственного цикла СХПК «Усольский свинокомплекс» и других отходов производств.

Опыт эксплуатации очистных сооружений животноводства в развитых странах показал, что наиболее целесообразным путем использования стоков является их утилизация в качестве удобрения при обязательном обеспечении соблюдения требований охраны окружающей среды (соблюдение норм внесения жидкого навоза, расстояния перевозки жидкого навоза – не более 8 км).



Рис. 5. Деградация ценозов в районе слива сточных вод на поля СХПК «Усольский свинокомплекс»

Литература

1. Захарова О. А. Орошение серых лесных почв сточными водами свинокомплексов : автореф. дис. ... канд. с-х. наук. Рязань, 1998.
2. Неведров Н. П. Биологическая модель очистки почв от загрязнений нитратами [Электронный ресурс]. URL. <http://www.innoros.ru/innovation-idea37/ideas/biologicheskaya-model-ochistki-pochv-ot-zagryaznenii-nitratami>.

PROBLEMS OF SOIL'S AND LANDSCAPE'S POLLUTION OF USOLIE PIG-BREEDING COMPLEX OF IRKUTSK OBLAST

Martynova N. A., Rybinskii S. A., Kulakova A. P.
Irkutsk State University, Irkutsk, natamart-irk@yandex.ru

Irrigation with using of of Usolie pig-breeding complex of Irkutsk oblast appear to ambiguous influence on natural environment. During long-term researches the dependence between improvement of water-physical properties, water soil's regime and productivity to depending on norms of sewage introduction without harmful substances have been established. One of the most dangerous polluting substances coming with pig-breeding waste to the soil are nitrates and nitrites.

There is a problem of compliance control with the law and sanitary norms for waste processing of pig-breeding complexes and negative influence of it's waste waters on soils and environment. Technologies of cyclic irrigation with sewage using of pig-breeding complexes are recommended. The Usolsky pig-breeding complex puts the huge pressure upon surrounding environment. Waste waters of Usolsky pig-breeding complex are brought to the fields with violation of terms and norms without their intra soil ploughing, which bring to degradation of fields and surrounding biocenoses. Analyses have shown excess of norms on phenols by 45 times, on oil products – by 5 times, on the content of ammonium nitrogen – by 16 times.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН БАЙКАЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ И ЕГО ПОЧВЕННО- ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Мартынова Н. А., О. С. Синюшкина, Д. С. Каймонова

Иркутский госуниверситет, Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

Изучаемая территория входит в состав Прибайкальского национального парка – особо охраняемой территории, центральной ядра экологической природной территории, природной водо-охранной зоны озера Байкал со статусом «участка Всемирного природного наследия ЮНЕСКО».

Основными факторами воздействия на почвенный покров исследуемой территории являются хозяйственная и рекреационная деятельность местного населения. Химическое воздействие на почвы оказывают атмосферные выбросы промышленных предприятий Ангарска, Шелехова, Иркутска и пр., переносимые ветром, деятельность БЦБК, выхлопы автомобилей. Вместе с тем почвы данной территории имеют высокое средоохранное и средообразующие значение. Высокая рекреационная активность района исследования определяет необходимость оценки устойчивости почвенного покрова изучаемой территории и регламентации на этой основе рекреационной нагрузки на почвы и ландшафты. Именно поэтому изучение свойств почв западного побережья оз. Байкал и оценка их современного состояния является необходимым элементом оптимизации хозяйственного использования почвенного покрова территории, его восстановления, улучшения и сохранения.

Устойчивость экосистем не может быть сохранена и обеспечена, если будет нарушен закон внутреннего динамического равновесия. «Экологическая устойчивость» подразумевает способность экосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних и внутренних факторов: рамок естественного функционирования; способности сопротивляться внешним воздействиям; возможностям релаксации после снятия нагрузок.

Горные экосистемы, являющиеся сочетанием форм тектонического рельефа, иллюстрирующих процесс байкальского орогенеза, очень чувствительны, что обусловлено крутизной склонов, неравномерностью распределения солнечного излучения и осадков и интенсивным развитием денудации. Все это является причиной интенсивного изменения ландшафтов гор под влиянием антропогенно-рекреационного пресса.

История Байкала в первоначальной стадии необайкальского периода неразрывно переплетается с поднятием свода, который привел к стоку рек Иркут, Ангары, Бугульдейки и Голоустной в единый Ленский бассейн. Концепция наличия мантийного плюма под озером Байкал освещает причину образования вспучивания мантии и обширного разлома земной поверхности путем сопровождения сильных землетрясений и извержений вулканов. Горы западно-

го побережья интенсивно поднимались, что привело к разрыву Ленского стока рек. Это отразилось на резком подъеме уровня воды в обеих частях впадины. Углубленные отдельные озера средней и южной впадины воссоединились и образовали целостный озерный бассейн [1]. Немалый объем запасов Байкала пополнили в свое время ледники. Более 300 тыс. л. н. Байкальский хребет, Хамар-Дабан и Байкало-потомское нагорье были сплошь покрыты ледяным щитом.

Грубообломочные осадочные породы западного побережья озера Байкал характеризуются широким минералого-петрографическим составом и содержат разнообразные породы, неустойчивые к выветриванию. В геологическом строении территории развиты интрузии основных пород (габброидов, измененных до состояния кристаллосланцев) и гранитные интрузии (с лейкократовыми биотитовыми гранитами, плагиогранитами и граносиенитами).

Горный характер рельефа определяют таежный растительный покров территории, состоящей из кедра, пихты, лиственницы, сосны и других пород, сменяемый вверх по склонам в порядке высотной поясности подгольцовыми редколесьями и зарослями кустарников, горными тундрами и альпинотипными группировками, образуемыми гольцовый пояс гор [2]. Днища и подгорные шлейфы межгорных сухопутных котловин заняты подгорными сосновыми и лиственничными лесами и горно-котловинными степями. Структура растительности подчинена общей для этой территории закономерности – климатической асимметрии их макросклонов, подчёркивая и усиливая её.

Неоднозначность представлений о географии и генезисе почв Прибайкалья объясняется как недостатком фактических сведений, так и сложностью почвенного покрова и его экологии. На скальных породах сформировалась маломощная элювиально-делювиальная толща дресвяно-щебенисто-глыбовых отложений с супесчано-суглинистым заполнителем. Наиболее сильное влияние на ход почвообразования на этих породах оказывает их высокая порозность и водопроницаемость. Для почв, формирующихся на грубообломочных осадочных породах характерны низкие запасы влаги, преимущественно провальный водный режим, кислая реакция среды, ускоренная минерализация органического вещества и завалуненность.

На территории юго-западного Прибайкалья, Прибайкальского национального парка нами были выделены подбуры и дерново-подбуры, подзолы, дерново-подзоло-подбуры и дерново-подзолистые почвы, ржавоземы буроземы грубогумусные, литоземы и петроземы гумусовые, серогумусовые, темногумусовые, торфяно-перегнойные, глеевые почвы и др. [4].

Почвы пос. Листвянка и его окрестностей характеризуются кислым рН и высоким содержанием подвижного железа, невысоким содержанием гумуса и большим количеством перегнойного материала в силу относительно короткого периода биологической активности, большой выщелоченностью или элювированностью обменных оснований, подвижного фосфора в силу горного рельефа, близости оз. Байкал и высокой щебнистости профиля, низкими значениями обменных оснований и емкости поглощения.

Сравнительная количественная оценка устойчивости почв территории исследования к основным антропогенным воздействиям была оценена по методу

Т. М. Куприяновой [3] через бально-рейтинговую оценку следующих показателей: емкости катионного обмена (ЕКО) для слоя 0–20 см, отражающей адаптационную устойчивость к химическому загрязнению, мощности гумусово-аккумулятивного горизонта (А + АВ), характеризующего устойчивость почв к механическому нарушению; положение биогеоценоза в катене и крутизна склона, характеризующие способность почвы к восстановлению и проявлению регенерационной устойчивости, а также – гранулометрический состав почв, определяющий буферную и дренажную способность почв. Согласно результатам проведенного исследования наибольшим потенциалом экологической устойчивости почв благодаря «сбрасыванию» загрязнения из-за автоморфного положения в ландшафте и хорошей дренирующей способности щебнистых профилей обладают почвы приводораздельных и склоновых ландшафтов фоновых территорий: дерново-подбуры иллювиально-гумусовые (О-АО-АУ-ВНФ-ВФ-ВСf), буроземы ожелезненные (АУ-ВМmf-ВМ-ВСm-Сm); серые метаморфизованные почвы (АО-АУ-АЕL-ВТm-ВСm).

Наиболее благоприятное экологическое состояние в поселке Листвянка отмечено в почвах верхних территорий распадков, участков, прилегающих к долинам рек по падам, а также – находящихся по береговой линии окраин поселка, что связано как со способностью почв самоочищения водными потоками рек и ручьев, так и с формированием в долинах падей темногумусовых горизонтов чёрнозёмовидных гидрометаморфизованных квазиглееватых почв (АU-AUcrm,g-Bg-BCq-Cq) и тёмно-гумусово-глеевых иловато-перегнойных криогенно-ожелезненных почв (AUh. mr-AUg-AUCfg-CG) с хорошей буферной способностью. Вблизи колодцев отмечается неудовлетворительное состояние среды вследствие влияния бытовых и хозяйственных отходов. Наиболее хорошее экологическое состояние выявлено в падах «Большая и Малая Черемшанка», пади «Сенной». В целом потенциальная экологическая устойчивость почвенного покрова пос. Листвянка и его окрестностей, оцениваемая нами как низкая и весьма низкая, недостаточна для сглаживания всех негативных последствий развития туризма и рекреационной активности в районе и требует регулярного мониторинга состояния почв и регламентации рекреационной нагрузки на ландшафты.

В смешанных лиственных с сосной парковых высокотравных лесах, окрестностей пос. Б. Голоусное, характерных для распадков Прибайкалья с богатым и разнообразным травостоем и увлажнением затененных долин формируются плодородные перегнойно-темно-гумусовые элювиированные глееватые почвы (Ahel-AUh-AUg-AUCg). В условиях большей влажности развиваются кедрачи с исключительно богатым разнотравьем, служащим источником органических веществ в почве, для древостоев которых (падь «оз. Сухое») характерно формирование чернозёмовидных элювиированных перегнойно-глеевых почв (AO(lfh)- H- Ahel-AUh-CRN-CRNCG). Горные почвы характеризуются короткопрофильностью, кислой и нейтральной pH в подстилочно-перегнойных горизонтах с ее подщелачиванием в нижней части, что может быть связано с влиянием почвообразующих пород-гнейсов, насыщенных первичными минералами. Затенение лиственных и кедровых древостоев, а также – плотные по-

роды и мерзлота, задерживающие воды, способствуют произрастанию здесь исключительно богатого лугового разнотравья. Попеременные оттаивания-промерзания приводят к формированию хорошо структурированной структуры. Темногумусовая окраска и хорошая зернистая структура – следствие луговости почвообразования и влияния мерзлотных процессов.

Богатство пород кальциевыми полевыми шпатами нейтрализует подкисляющее действие органических кислот. Благодаря такому сочетанию условий здесь создаются уникальные условия для процессов гумусообразования и его накопления и формируются исключительно плодородные почвы. Содержание углерода, очень высокое в подстилочных и перегнойных горизонтах, постепенно снижается в гумусово-аккумулятивных. Кислая среда и высокая щебнистость почв способствуют процессу элювирования гумуса вниз по профилю. Несмотря на рыхлое сложение и интенсивный промывной режим – почвы характеризуются высоким содержанием обменных катионов (до 81 мг-экв/100г почвы) с преобладанием Са, что обуславливается высоким содержанием гумусовых веществ (биогеохимический и адсорбционный барьеры) и первичных минералов почвообразующих пород (гнейсов), оптимальными условиями для биогеной активности, а значит – для биогеохимического накопления Са и Mg.

На остепняющихся полянах и склонах, где недостаточная увлажненность способствует формированию на отдельных степных участках экстразонального типа растительности с легко выветривающимися сланцевыми породами, развиваются перегнойно-темно-гумусовые остаточно-карбонатные почвы (O_f-O_h -АН-AU_{hca}-AUC_{ca}). В почве идет элювиальный процесс, о чем свидетельствуют щетки карбонатных натеков на обломках пород. Выщелачиванию способствуют не только осадки, но и склоновые воды, а также – щебнистость почвы. Гумусовые кислоты в таких остепняющихся с наличием карбонатов Са ландшафтах будут закрепляться в почве в виде гуматов Са и Mg, т. е. будет происходить «сдвиг» в сторону «черноземообразования». Почвы степного пояса Приольхонья несут в своих свойствах наследственные признаки прошлых более холодных (лесных) климатических периодов, что и придает им региональные особенности, не соответствующие общепринятым критериям.

В западинах Прибайкалья (например, в окрестностях оз. Сухого в районе пос. Б. Голоустного, периодически заполняющегося водами) формируются торфяно-глееземы перегнойно-гумусовые омергеленные (T-Th,ml-АНg,ml-AUG,ml) с высоким содержанием углерода и обменных катионов по всему профилю, среднесуглинистые, с pH от близкой к нейтральной до щелочных значений, что связано с пропиткой карбонатными водами – омергелеванием. Ниже 50–70 см залегает мерзлотный горизонт в качестве водоупора.

На делювиальных отложениях кислых протерозойских пород западного побережье оз. Байкал в окрестностях пос. Б. Коты формируются серые ожелезненные среднегумусированные щебнистые почвы на погребенных буроземах ожелезненных (AY-AEL-BT-Cf-[AY-BMf-BM-BC-C]-D) с хорошо выраженной текстурной и кислотной дифференциацией.

Под листовенничными парковыми лесами окрестностей пос. Курма формируются буроземы темно-гумусовые глинисто-иллювирированные ожелезненные

(AUao-AUel-Bmi-BFm), с нейтральной pH и невысоким содержанием обменных катионов.

Почвы в целом характеризуются достаточно высоким природным плодородием и устойчивостью к загрязнению. Но их рыхлость, щебнистость, короткопрофильность делают их весьма неустойчивыми к рекреационным нагрузкам. Поэтому необходимо обязательное регламентирование рекреационной нагрузки на данные ландшафты (почвы и ценозы).

Для устойчивого развития территории Прибайкалья необходимо: 1. введение строгого контроля нагрузок на ландшафты с регламентацией туристической и рекреационной нагрузки; 2. введение централизованной системы сбора отходов, сбросовых и канализационных вод для предотвращения загрязнения почвенного покрова и грунтовых вод; 3. разработка системы мероприятий по системному подсеву травосмесей для укрепления грунтов склонов и предотвращения эрозийных процессов.

Литература

1. Колотило Л. Г, Андриянко В. Г. Очерк оз. Байкал. М. : Наука, 2009. 170 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2012 год» / О. Э. Кравчук [и др.]. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Соचाва СО РАН, 2013. 337 с.
3. Куприянова Т. М. Обзор представлений об устойчивости физико-географических систем/ Т. М. Куприянова // Устойчивость геосистем. М. : Наука, 1983. С. 7–13.
4. Мартынова Н. А. Почвенный покров Прибайкальского национального парка // Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации: Справочно-аналитическое издание / гл. ред. Г. В. Добровольский ; отв. ред. О. В. Чернова, В. В. Снакин, Е. В. Достовалова, А. А. Присяжная. М. : НИА-Природа – Фонд «Инфосфера», 2012. С. 115–118

THE SOIL COVER OF THE BAIKAL COAST RECREATIONAL AREAS AND IT'S SOIL-ECOLOGICAL CAPACITY

N. A. Martynova, O. S. Sinuyshkina, D. S. Kaimonova
Irkutsk State University, Irkutsk, natamart-irk@yandex.ru

The high recreational activity on the west coast of lake Baikal identifies the need to estimate of soil cover stability of the territory and regulation on this basis the recreational loading on soils and landscapes. The ambiguity of geography and soil genesis notions of Baikal region is due to the lack of factual information and the complexity of the soil cover and its environment. Soils were formed on coarse-grained sedimentary rocks and are characterized of low moisture reserves, primarily failure of the water regime and acid reaction of environment, accelerated mineralization of organic matter and avaloneast. On the territory of south-west Transbaikalia, Baikal national Park there were allocated of podburs and sod-podburs, podzols, sod-pozole-podburs and soddy-podzolic soils, rusty brown soils, coarse-humic burozems, litozems and humic petrozems, soddy- and dark-soddy humous soils, peat-humus, gley soils, etc. At general soils are characterized by rather high natural fertility and resistance to contamination. But their looseness, gravelling, short soil profile make them very sensitive to recreational pressures. Therefore, there should be mandatory regulation of recreational pressure on these landscapes (soil and cenoses).

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ИРКУТСКОЙ ТЭЦ, ЕГО СВОЙСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Мартынова Н. А., Барнаков М. М.

Иркутский государственный университет, Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

*Природа не признаёт шуток. Она всегда правдива, всегда серьёзна,
всегда строга. Она всегда права. Ошибки же и заблуждения
исходят от людей.*

Гете

Основой развития любого региона является энергетика. Одним из основных и самых крупномасштабных источников загрязнения атмосферы являются ТЭЦ, на которые приходится около 14 % общего загрязнения атмосферы техническими средствами. В результате научно-технической революции, обусловившей резкий подъем промышленного производства, сотни тысяч химических соединений, созданных и используемых человеком, попадают в атмосферу и почву, загрязняя ее. Последствиями накопления глобальных загрязнителей ТЭЦ в атмосфере являются: парниковый эффект; разрушение озонового слоя; кислотные осадки.

Предприятия энергетики воздействуют на четыре сферы:

- атмосферу – потребление кислорода, выброс газов и твердых частиц при горении, тепловое воздействие, электромагнитное воздействие, ионизация;
- литосферу – потребление ископаемых, накопление отходов;
- гидросферу – загрязнение жидкими стоками, тепловое загрязнение водоемов, приводящее к изменению природного равновесия;
- биосферу – нарушение биоценозов, миграция и вымирание организмов.

Главным источником теплоэнергии являются тепловые электростанции и котельни. Основными источниками энергии служат полезные ископаемые (уголь, газ, нефть) и энергия воды. Отрицательное влияние ТЭЦ на окружающую среду в значительной степени связано с расходом больших количеств кислорода на горение топлива и загрязнение окружающей среды оксидами серы и азота, обладающими свойством канцерогенности, диоксидами углерода и углеводородами, мелкодисперсными аэрозолями, огромными количествами твердых частиц (зола), переносимыми на большие расстояния, загрязняя почвы, гидросферу и литосферу. Особенно опасны золоотвалы, огромные площади которых являются источниками пылевых загрязнений золой и очагами накопления тяжелых металлов и повышенной радиоактивности.

В Иркутской области к отрасли энергетики относятся предприятия акционерного общества энергетики и электрофикации «Иркутскэнерго», которые вносят основной вклад в загрязнение окружающей среды. На балансе «Иркутскэнерго» находится 15 тепловых и 3 гидравлических электростанции, много котелен, работа которых вызывает много проблем. Иркутск занимает 8-е место по выбросам в атмосферу загрязняющих веществ в РФ (65 тыс. т в год). В Ир-

кутске насчитывается около 200 предприятий, выбрасывающих в атмосферу до 70 % загрязняющих веществ. Ново-Иркутская ТЭЦ, выбрасывающая в атмосферу до 40 тыс. т выбросов в год, является основным из стационарных источников загрязнения атмосферы в городе, 94 % всех выбросов которых составляют продукты горения: угольная и мазутная смолы, бензпирен, окись углерода, двуокись азота, сернистый ангидрид [1].

В Иркутске воздействию выбросов предприятий алюминиевой промышленности (ИРКАЗ) и энергетики (Ново-Иркутской ТЭЦ) преимущественно подвержены почвы и ландшафты левобережной части города – окрестностей микрорайонов «Университетский», «Ново-Иркутский», СНТ «Юбилейный-2». Иркутская впадина выполнена континентальными, преимущественно терригенными, юрскими отложениями, представленными песчаниками, аргиллитами, конгломератами, углистыми сланцами с прослойками углей. На приводораздельных и склоновых поверхностях Ангара-Кайского водораздела на глубинах 40–80 см от дневной поверхности наблюдается граница голоценовых и плейстоценовых стратифицированных отложений сартанского возраста, представленных субаэральными лессовидными суглинками (остаточно-карбонатными или выщелоченными), являющимися почвообразующими породами. На вершинах увалов лессовидные суглинки на глубинах от 60 см и больше подстилаются слабовскипающим мелкоземом и/или ожелезненными обломками элювирования юрских песчаников и алевролитов. Почвенный покров исследуемой территории зоны влияния Иркутской ТЭЦ дифференцирован по формам рельефа и видам растительных ассоциаций. Профили исследованных почв представляют собой систему литологических почвенных горизонтов голоценового возраста. Почвенный покров представлен буроземами, серыми, серыми метаморфическими и дерново-подзолистыми почвами увалов, а также темно-гумусово-глеевыми почвами и глееземами в пойменной части долины рек.

На приводораздельных пространствах и склонах северо-восточной экспозиции под папоротниково-вейниково-разнотравно-осоковыми и бобово-осоково-разнотравными березняками формируются буроземные почвы (О-АУ-ВМ-[AEL-EL-BT_{el}-BC_{el}], развитые на погребенных толщах дерново-подзолистых глубоко-ожелезненных и уплотненных почв. Под папоротниково-вейниково-разнотравными осоковыми березняками с подростом осины и берёзы на лессовидных суглинках формируются дерново-подзолистые ожелезненные уплотненные среднеспособные средне-тяжело-суглинистые почвы с профилем O₁-AO_(f+h)-AY-EL-BEt-BT_{el}-BC_{el}-C_f-CD. Для них характерно интенсивное накопление гумуса в подстильно-дерновой толще с резким его убыванием по профилю (рис. 1). Почвы характеризуются слабокислыми значениями pH, снижающимися по профилю до срединных горизонтов; ниже по профилю идет плавное повышение pH. Обменные катионы по профилю распределены неравномерно. Остаточная карбонатность лессовидных суглинков проявляется в повышении с глубиной суммы обменных катионов при существенном преобладании Ca. Верхняя гумусово-дерновая толща характеризуется достаточно высоким их содержанием, но ниже – резко падает до 10–15 мг-экв/100 г, постепенно увеличиваясь до 20–40 мг-экв/100 г. Для песчаных и супесчаных разновидно-

стей почв ЕКО низкая и составляет 4–10 мг-экв. Высокое содержание карбонатов кальция и магния в почвообразующих породах способствует нейтрализации органических кислот и тем самым ослабляет процесс оподзоливания. По этой причине на лессовидных карбонатных породах исследуемого района подзолообразовательный процесс обычно проявляется слабо, а иногда и вовсе не выражен.

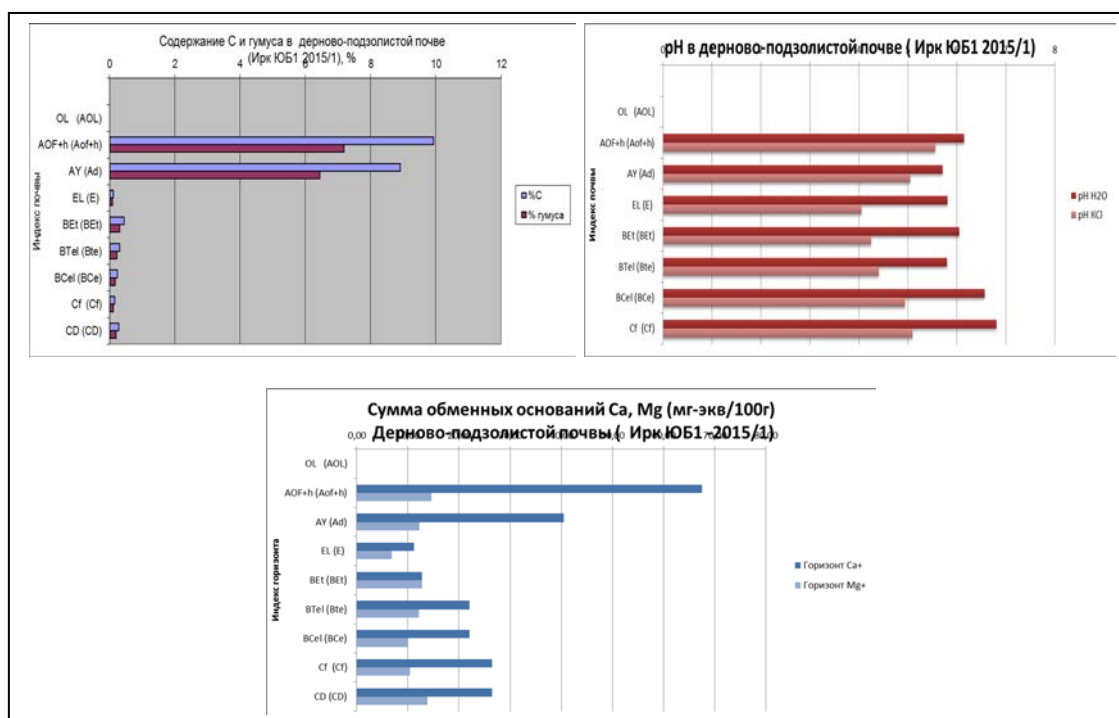


Рис. 1 Физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы

Серые метаморфические ожелезненные почвы (с профилем О-АО-АУ-BEL-BMF(el)-BM(el)-BCm(el)-C(el)) развиты на пологих склоновых пространствах восточных экспозиций под травянистыми злаково-бобово-осоково-разнотравными сосново-осиново-березовыми разреженными лесами. Для них характерен слабокислый pH гумусовой толщи, снижающийся в подгумусовых горизонтах и снова увеличивающийся вниз по профилю до близкой к нейтральной реакции среды (рис. 2).

О достаточно глубокой выщелоченности и выветрелости почвообразующего материала особенно ярко свидетельствуют показатели pH_{KCl}. О наличии процессов элювирования и слабого оподзоливания свидетельствует резкое снижение обменных катионов Ca и Mg в BEL-горизонте. Почва имеет очень высокое содержание углерода в гумусовой части почвы и его резкое снижение вниз по профилю. Большой запас гумусовых соединений почв, как и высокое количество обменных катионов говорит о достаточно высоком почвенно-экологическом потенциале.

В средних частях склонов на крутых участках восточной экспозиции (у восточной границы пос. СНТ «Юбилейный-1»), в местах, где подстилающие песчаники подходят более близко к поверхности под осоково-разнотравно-

кустарниковыми осиново-березовыми лесами формируются серые типичные средне гумусированные тяжело-суглинисто-глинистые почвы.

В горизонтах почвообразующей и подстилающей породы встречаются прослои углей разной степени выветрелости. Некоторые угольные прослои, выветрившись, превратились в слабогумусированные погребенные горизонты. Элювированность выражена слабо как морфологически, так и по анализам.

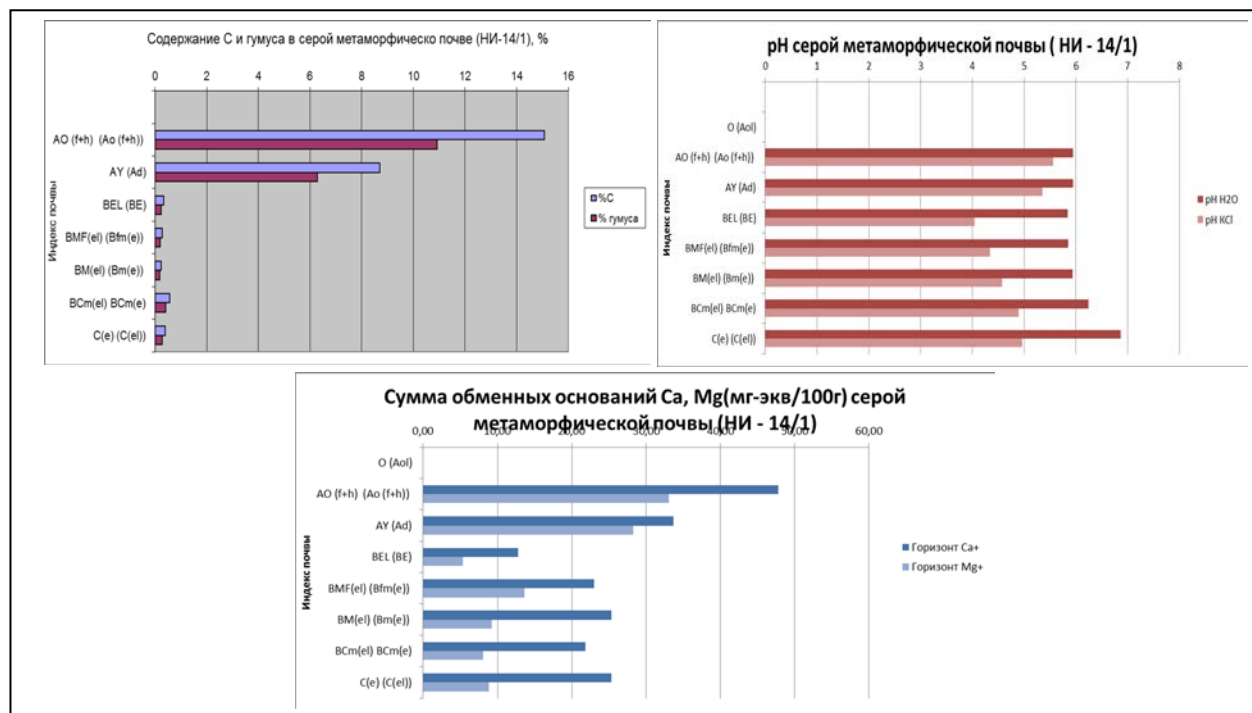


Рис. 2. Физико-химические свойства серой метаморфической почвы

Выражается в более однородном распределении pH и обменных катионов по профилю. Среди обменных катионов преобладает Ca. Увеличение pH в нижней части профиля можно связать с влиянием остаточных карбонатов лессовидных суглинков. Гумусированность очень слабая. Отмечается только в небольшом дерновом горизонте. Плодородие и устойчивость к загрязнению серых почв ниже, чем у серых метаморфических. Ее можно охарактеризовать как среднюю. Здесь также отмечается подщелачивание горизонтов подстилки, возможно, из-за влияния щелочных осадков и золы Ново-Иркутской ТЭЦ, к которой данная точка исследования находится ближе.

В понижениях закустаренной части высокой поймы притоков р. Кая с березово-ивовыми древесно-кустарниковыми ярусами разнотравно-хвощово-мятликовых влажно-луговых ценозов на северо-западе СНТ «Юбилейный-1» развиваются темногомусово-глеевые глинисто-иллювирированные омергеленные почвы (АН–AUh–BTi,g–BCg–Cg) с сильно щелочной реакцией среды, увеличивающейся с глубиной вследствие привнесения карбонатов Ca с вышележащих пространств и подпитки из грунтовых вод (рис. 3). Очень высокое содержание гумуса и обменных катионов, плавно снижающееся с глубиной, а также способность сбрасывать загрязнения в водотоки повышают экологическую устойчивость темногомусово-глеевых почв. Но песчано-суглинистый состав

снижает адсорбционную способность по отношению к загрязняющим веществам.

Исследуемые почвы обладают средним уровнем почвенно-экологического потенциала. Лессовидность, карбонатность и дисперсность суглинков способствуют оглиниванию профиля, накоплению гумуса в серогумусовом горизонте, повышению ЕКО и плодородия исследуемых почв.

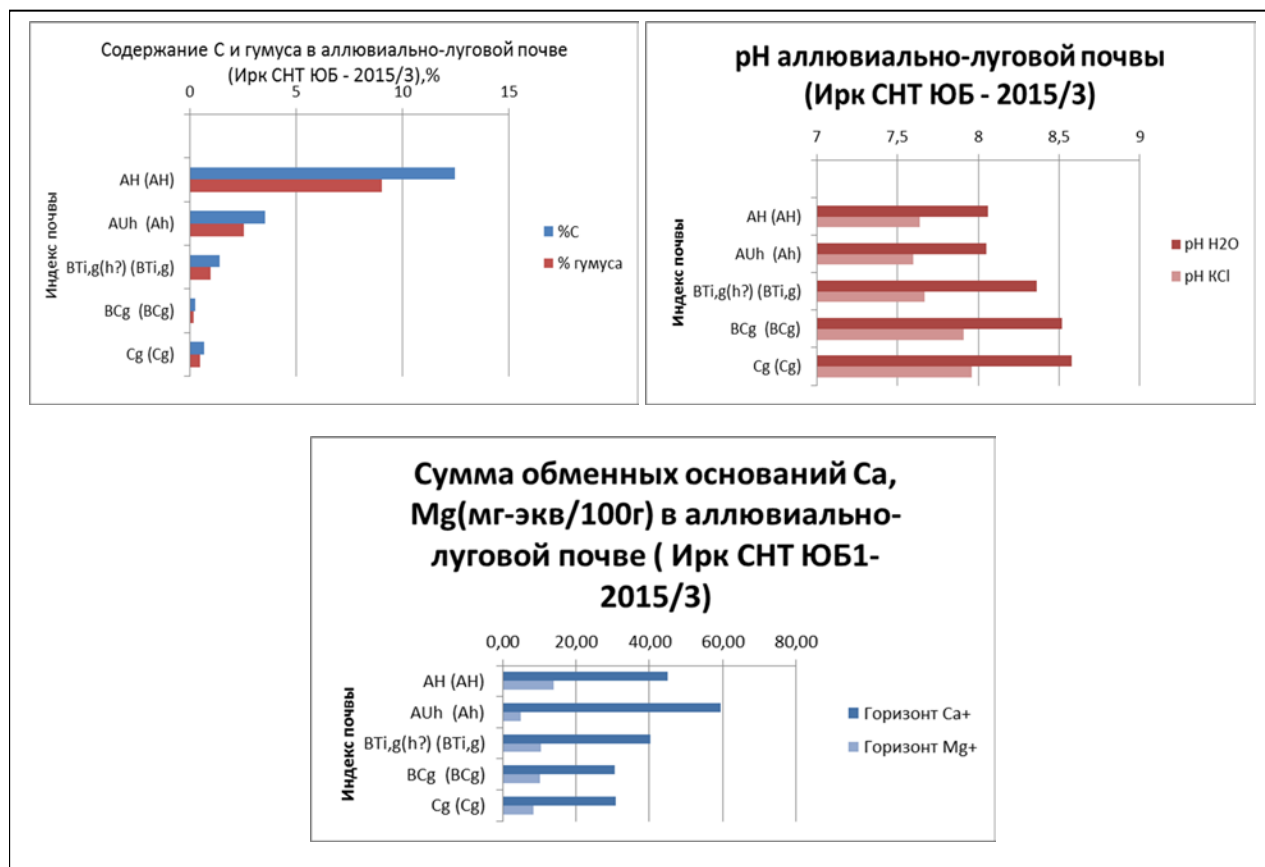


Рис. 3. Физико-химические свойства темногумусо-глеевой глинисто-иллювиир. почвы

Наибольшей экологической устойчивостью характеризуются серые метаморфические и темногумусо-глеевые почвы, обладающие более высоким содержанием гумуса, глинистым составом и способностью «сбрасывать с себя» загрязняющие вещества. Во всех исследованных почвах отмечается слабое подщелачивание подстилочных и дерново-гумусовых горизонтов, возможно, под влиянием выбросов ТЭЦ.

Литература

1. Напрасникова Е. В., Данько Л. В. Экологическое состояние почв на примере г. Иркутска // Экологические проблемы городов. Иркутск, 1997. С. 156–164.

THE SOIL COVER OF THE IRKUTSK THERMOELECTRIC POWER STATION INFLUENCE AREA, IT'S PROPERTIES AND ECOLOGICAL SUSTAINABILITY

Barnakov M. M., Martynova N. A.

Irkutsk State University, Irkutsk, barnakov.maksimka@yandex.ru

Soils and landscapes of the left bank of Irkutsk city, which are mainly affected by emissions of Novo-Irkutsk thermal power station were investigated. Profiles of the investigated soils represent a system of lithological soil horizons of Holocene age. Soil cover is represented by brown, grey, grey metamorphic and sod-podzolic soils of ridges, and dark-humus-gleic soils and gleezems at the floodplain of the river valleys. The studied soils have a medium level of soil-ecological potential. Loess, carbonate and dispersion soil loam content contribute to clay-forming profile, to humus accumulation at soddy soil horizon, increase of cation exchange capacity and fertility of studied soils. Gray metamorphic and dark-humic-gley soils are characterized of the greatest environmental sustainability by a higher humus content, clay composition and the ability to "drop off" contaminants. In all the studied soils a weak alkalization of the litter and soddy-humus horizons is observed, perhaps under the influence of emissions from thermal power station.

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ГУМУСА СОЛОНЧАКОВ ТИПИЧНЫХ В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА

**М. Г. Меркушева, И. Н. Лаврентьева, С. Б. Сосорова,
А. Л. Балданова**

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
merkusheva48@mail.ru

Изучение органического вещества почв как одного из основных компонентов педосферы, с которым связаны функции поддержания жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов, сохранения продуктивности почв и устойчивости экосистемы в целом, продолжает оставаться актуальным в связи с усиливающимся антропогенным воздействием различного характера и аридизацией климата на биосферу и, в первую очередь, на почвенный покров. Большое значение имеет выявление особенностей формирования многокомпонентной системы органических и собственно гумусовых веществ почвы, их химического состава в зависимости от типа и свойств почв.

В Западном Забайкалье солончаки занимают надпойменные террасы и незаливаемые равнинные и прибрежные территории, прилегающие к содово-соленым озерам, а также пониженные участки пойм с близким уровнем минерализованных грунтовых вод. Общая их площадь в структуре почвенного покрова сельскохозяйственных угодий Республики Бурятия составляет 27,17 тыс. га (1,1 %). Основное использование солончаков типичных под чиевыми ассоциациями – пастбищное, 79,5 % [8].

В условиях Забайкалья процессы соленакопления в почвах и грунтовых водах имеют специфические особенности. Они определяются котловинным характером рельефа, пестротой и слоистостью почвообразующих пород, засушливостью климата, длительным сезонным промерзанием почвенной толщи и континентальным характером соленакопления [3–5; 9]. Солончаки Забайкалья, наряду с каштановыми почвами, являются приоритетными объектами охраны почв согласно Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России [6].

Исследования проводили в 1997–2010 гг. в галоксерофитной (сазовой) степи Иволгинской и Оронгойской котловин (Иволгинский район Республики Бурятия). Объект исследования – солончаки типичные под чиевыми сообществами.

Классификация почв дана согласно [2] и рекомендациям Герасимовой с соавт. [1]. Свойства солончаков изучали общепринятыми методами, содержание гумуса – по Тюрину в модификации Никитина, групповой и фракционный состав гумуса – по Пономаревой – Плотниковой.

Разрез 3 заложен у северного борта оз. Белое (Иволгинский р-н). Координаты: $h = 562$ м, $51^{\circ}84.106'N$, $107^{\circ}59.265'E$. Чиево-твердоватоосоково-разнотравное сообщество. Почва – солончак типичный сульфатно-содовый.

Разрез 4 заложен в окрестностях с. Хубисхал Иволгинского р-на. Координаты: h – 505 м, 51°46.430'N, 107°22.823'E. Чиевое сообщество. Почва – солончак типичный сульфатный.

Для сравнения изменений, произошедших в солончаках в связи с изменением климата, были использованы данные разреза 4 за 1997–1999 гг., который обозначен 4А. Основные свойства солончаков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика солончаков типичных Западного Забайкалья

Горизонт	Глубина, см	Фракции (мм), %		pH H ₂ O	ЕКО	Na ⁺	Сумма солей	CO ₂ карб	Гумус	N общ
		<0,01	<0,001							
					ммоль экв/100 г		%			
Разр. 3. Солончак типичный (Иволгинский р-н, с. Оронгой, борт оз. Белое)										
S[Ао]	0–3	16,6	4,1	8,0	20,0	5,8	1,32	1,7	4,2	0,29
S[АJ]	3–27	17,2	2,4	8,2	11,0	8,5	1,18	1,3	1,7	0,12
BCas	27–45	31,2	11,0	8,5	8,0	7,0	0,69	7,0	0,6	0,10
BCca,s	45–62	29,6	10,7	8,1	12,1	7,3	0,56	1,6	0,4	0,10
1Cca,s	62–85	24,9	1,5	8,2	8,3	6,0	0,46	3,5	0,4	0,08
2Cca,s	85–110	38,2	1,9	8,1	12,0	8,4	0,73	1,5	0,4	0,07
Разр. 4. Солончак типичный (Иволгинский р-н, с. Хубисхал)										
S[Ао]	0–2	14,2	3,7	7,8	16,0	6,8	2,27	1,1	4,0	0,24
1S[АJ]	2–15	16,5	2,4	7,9	10,4	8,0	1,82	2,1	2,1	0,13
2S[АJ]	15–30	26,2	9,0	8,3	11,0	8,6	0,96	4,0	1,2	0,07
1BCas	30–40	34,4	15,9	8,3	10,0	7,0	0,84	9,3	0,8	0,05
2BCas	40–60	21,9	5,0	8,3	9,2	6,4	0,67	2,0	0,4	0,02
BCca,s	60–80	24,3	1,4	8,2	13,4	6,4	0,64	0,9	0,4	0,02
Cca,s	80–100	34,9	8,0	8,0	17,1	8,0	0,62	0,8	0,5	0,03

В настоящее время наблюдается усиление аридности климата: меньшее количество осадков и изменение их распределения за вегетационный период по сравнению с многолетними данными (рис. 1). Например, испаряемость в вегетационный период (май-сентябрь) 1990–2000 гг. составляла 110 мм, в 2000–2010 гг. – 117 мм; коэффициент увлажнения по Иванову соответственно 0,44 и 0,33; индекс аридности Де Мартона – 27,1 и 23,2; показатель биологической эффективности климата по Иванову – 777 и 668.

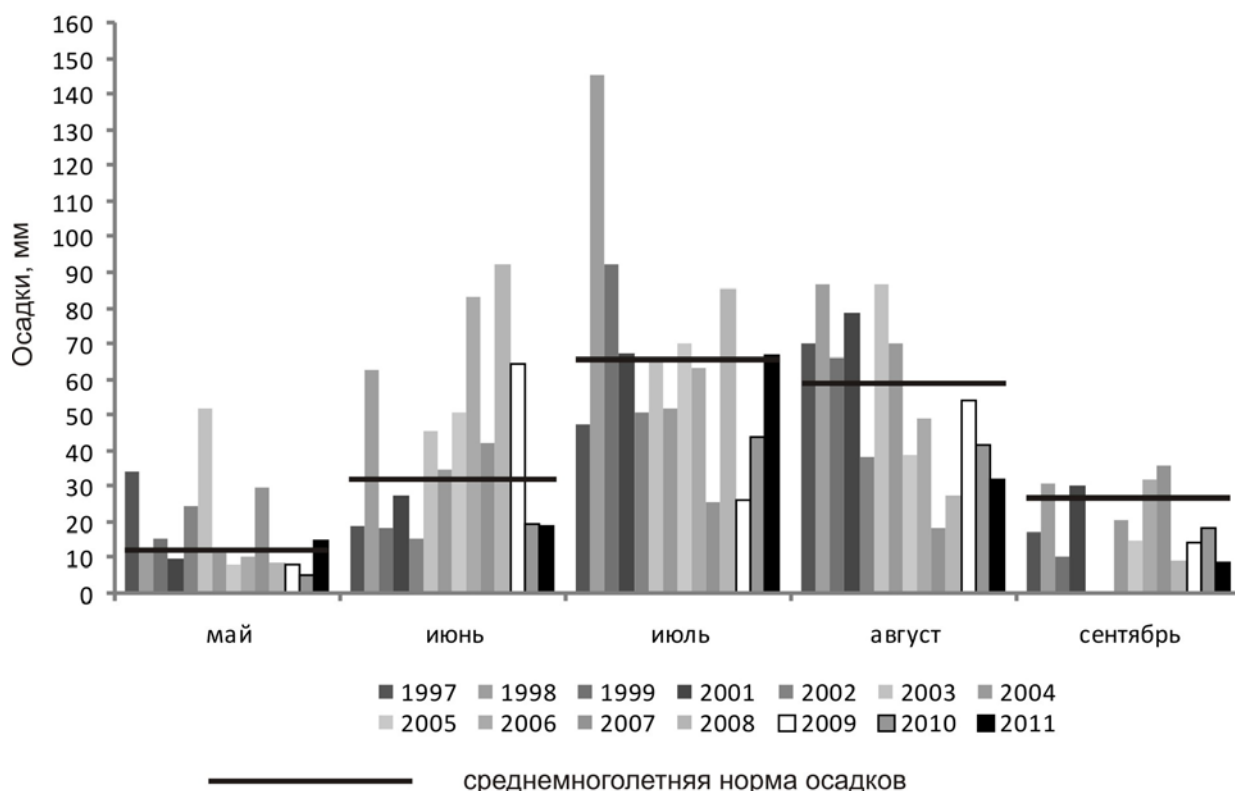


Рис. 1. Количество осадков за май-сентябрь в сухостепной зоне (метеостанция с. Иволгинск)

В связи с малой обводненностью гидротокков, в том числе и грунтовых вод, не приводящих к паводкам и выходам последних на поверхность, увеличилась их минерализация и интенсивность испарения с поверхности почв, что способствовало накоплению легкорастворимых солей и их запасов (рис. 2, а, б). Величина суммарного эффекта токсичных ионов свидетельствует об очень сильной степени засоления слоя почвы 0–20 см и средней – нижнего горизонта (рис. 2в). Однако, качественный состав солевого профиля остался прежним. Значительно изменился водный режим солончаков типичных по сравнению с относительно увлажненным периодом (рис. 3).

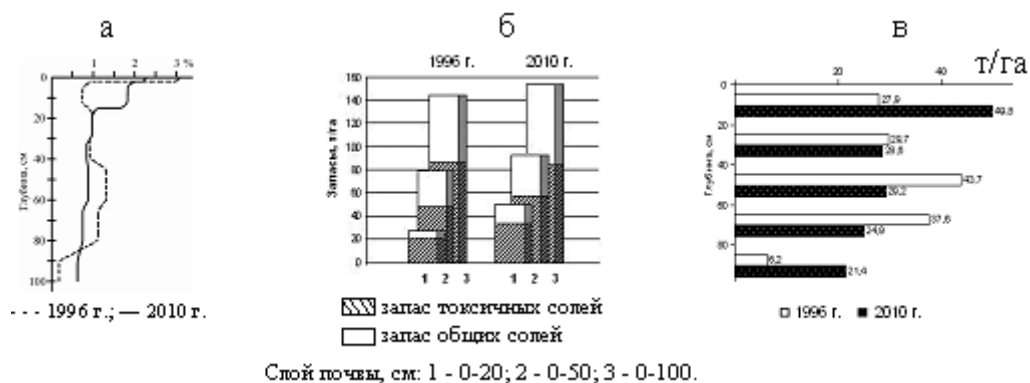
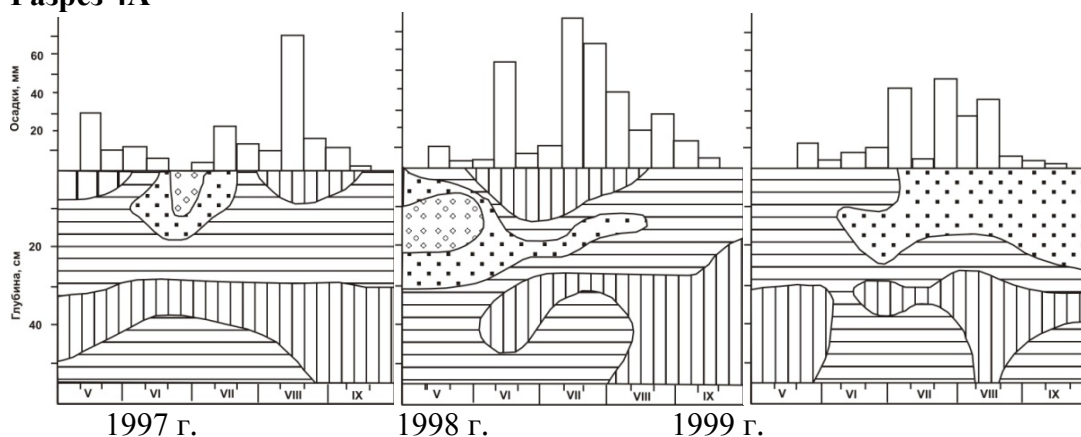


Рис. 2. Содержание (а), накопление (б) и распределение (в) солей в солончаках типичных

Разрез 4А



Разрез 4

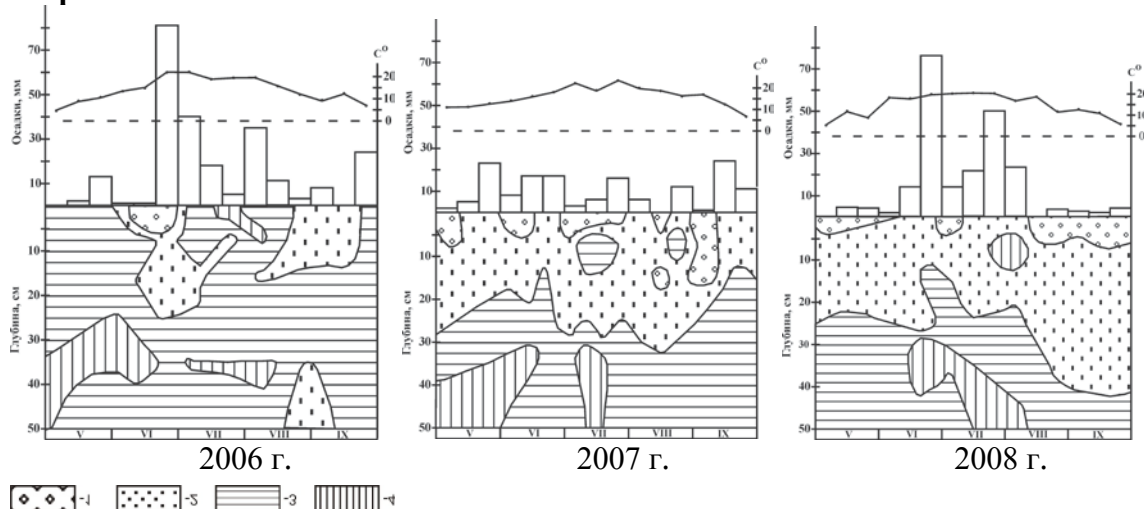


Рис. 3. Динамика водного режима солончаков.

Условные обозначения: 1 – < ВЗ; 2 – ВЗ-ВРК; 3 – ВРК-НВ; 4 – > НВ

Результатом аридизации и интенсивного засоления стало изменение видового состава чиевых сообществ: часть многолетних видов заменилась малолетниками, в основном семейства маревых. Соответственно уменьшилась их биологическая продуктивность.

Содержание и распределение гумуса, легкорастворимых солей и карбонатов в солончаках типичных под чиевыми сообществами представлено следующим образом (рис. 4). Следует отметить, что в период 1997–1999 гг. карбонаты определялись в р. 4 с глубины 30 см. В настоящее время они присутствуют с поверхности и по всему профилю.

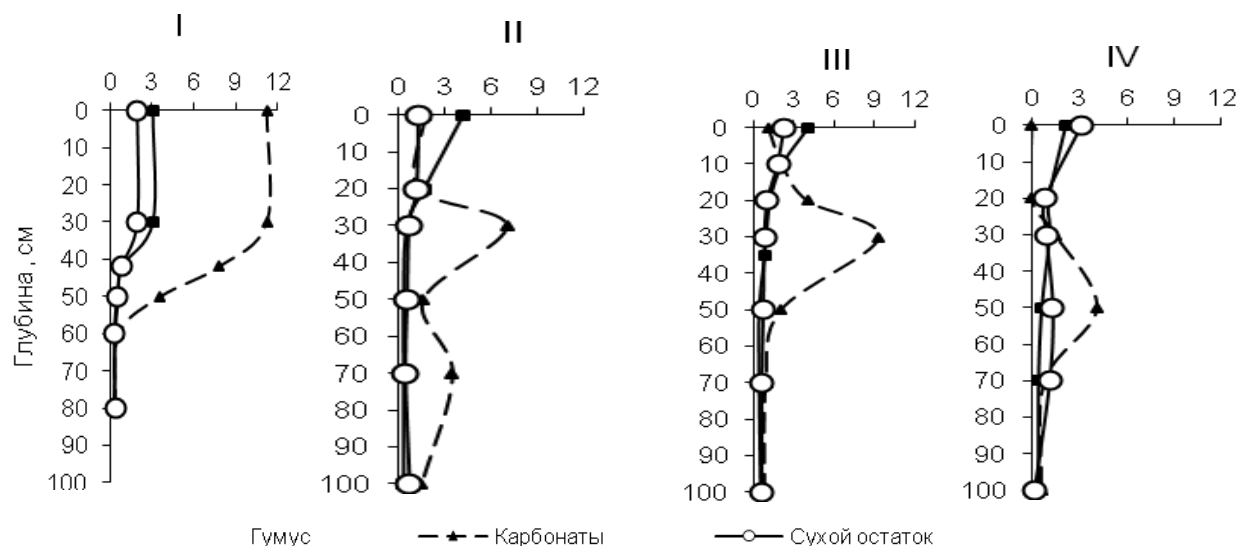


Рис. 4. Содержание и распределение гумуса, карбонатов и легкорастворимых солей

в солончаках типичных (%): I. Чиёво-разнотравное сообщество (р. 1, высокий правый берег р. Уды, Заиграевский р-н); II. Чиёво-твердоватоосоково-разнотравное сообщество (р. 3, борт оз. Белое, Иволгинский р-н); III. Чиёвое сообщество (р. 4, с. Хубисхал, Иволгинский р-н); IV. Чиёвое сообщество (р. 4А, с. Хубисхал, Иволгинский р-н, 1996–1998 гг.).

На основе статистических показателей (табл. 2) между средним содержанием гумуса и легкорастворимых солей в поверхностном горизонте почв установлена отрицательная корреляция ($y = 6,98 - 2,13x$, $r = -0,73$).

Таблица 2

Статистические показатели среднего содержания гумуса и легкорастворимых солей в поверхностном горизонте солончаков, %

Показатель	$\bar{x}$	$\pm S_{\bar{x}}$	σ	V, %	$\bar{x} \pm t_{0,5} S_{\bar{x}}$
Гумус (n=8)	3,55	0,56	1,58	44,5	$3,55 \pm 1,34$
Сухой остаток (n=8)	1,61	0,19	0,54	33,5	$1,61 \pm 0,46$

Примечание: $\bar{x}$ – средняя арифметическая; $S_{\bar{x}}$ – ошибка средней арифметической; σ – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации; $\bar{x} \pm t_{0,5} S_{\bar{x}}$ – доверительный интервал.

По сравнению с увлажненным периодом установлено повышение содержания гумуса в абсолютных величинах за счет существенного возрастания доли гумина, снижения степени гумификации и обогащенности гумуса азотом, изменения типа гумуса с фульватного на гуматно-фульватный, уменьшения подвижности гумусовых соединений (табл. 3). Увеличение количества гумина обусловлено, согласно кинетической теории гумификации [7], повышением устойчивости органических соединений за счет их взаимодействия с кальцием и консервации тонкими карбонатными оболочками, вызывающими снижение гумификации. Это подтверждается также увеличением содержания фракции ГК-2, связанной с кальцием и уменьшением – подвижной фракции ГК-1 (рис. 5).

Таблица 3

Состав гумуса солончаков типичных, % к $C_{\text{общ.}}$ почвы

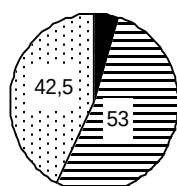
Горизонт, глубина, см	C _{общ.} , % (n=4)	C _{гк}				C _{фк}					<u>C_{гк}</u>	Н. о.	
		1	2	3	Σ	1a	1	2	3	Σ	C _{фк}		
Р. 3, 2010 г.													
S[<i>Ao</i>] 0–3	2,44±0,12	0,5	10,5	9,1	20,1	2,5	1,3	9,4	7,4	20,6	0,98	59,3	
S[<i>AJ</i>] 3–27	1,01±0,04	0,4	9,3	8,7	18,4	2,3	1,3	6,1	9,8	19,5	0,90	62,1	
BCas 27–45	0,63±0,04	0,4	9,8	6,3	16,5	2,1	1,6	8,5	6,3	18,5	0,89	65,0	
Р. 4, 2010 г.													
S[<i>Ao</i>] 0–2	2,33±0,13	0,9	10,6	8,5	20,0	2,6	0,5	12,0	9,2	24,3	0,82	55,7	
1S[<i>AJ</i>] 2–15	1,24±0,05	0,8	10,0	9,5	20,3	2,8	1,1	12,7	8,9	25,5	0,80	54,2	
2S[<i>AJ</i>] 15–30	0,67±0,03	0,3	11,6	5,8	17,7	2,1	1,4	10,4	7,6	21,5	0,82	60,8	
1BCas 30–40	0,49±0,03	0,4	7,4	4,7	12,5	1,9	0,7	11,1	6,3	20,0	0,62	67,5	
Р. 4A, 1997–1999 гг.													
S[<i>Ao</i>] 0–1	1,28±0,11	1,4	12,7	10,4	24,5	7,9	1,7	26,3	8,9	44,8	0,55	30,7	
1S[<i>AJ</i>] 1–15	0,63±0,05	4,8	10,0	15,3	30,1	8,5	4,2	20,2	10,5	43,4	0,69	26,5	
2S[<i>AJ</i>] 15–30	0,66±0,05 *	5,4	14,8	14,1	34,3	8,9	7,0	18,6	14,2	48,7	0,70	17,0	
1BCas 30–40	0,35±0,02	6,6	12,3	10,6	29,6	8,0	5,0	15,1	17,5	45,6	0,69	24,8	

Примечание. * – недостоверно к соответствующему горизонту р. 4.

гор. S[Ao]

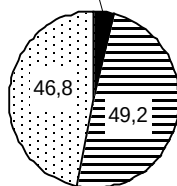
Разрез 4

4,5



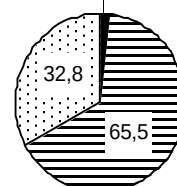
гор. 1S [AJ]

4



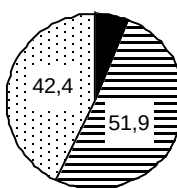
гор. 2S [AJ]

1,7

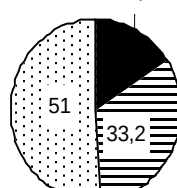


Разрез 4А

5,7



15,8



15,5

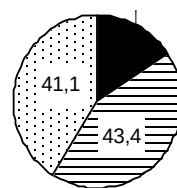


Рис. 5. Содержание фракций гуминовых кислот, % от суммы ГК

Литература

1. Герасимова, М. И. Лебедева И. И., Хитров Н. Б. Индексация почвенных горизонтов: состояние вопроса, проблемы и предложения // Почвоведение. 2013. № 5. С. 627–638. DOI: 10.7868/S0032180X14050098.
 2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
 3. Королук, Т. В. Особенности солевой динамики в длительно-сезонно-мерзлых засоленных почвах Южного Забайкалья // Почвоведение. 2014. № 5. С. 515–520. DOI: 10.7868/S0032180X14050098.
 4. Королук, Т. В. Химизм и степень засоления почв долины реки Иволги (Бурятская АССР) // Почвоведение. 1971. № 7. С. 92–100.
 5. Митупов, Ч. Ц. Засоленные почвы Иволгинской котловины : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1973. 24 с.
 6. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. М., 2012. 129 с.
 7. Орлов Д. С. Химия почв. М. : Изд-во МГУ, 1985. 376 с.
 8. Убугунов Л. Л., Ральдин Б. Б., Убугунова В. И. Почвенный покров Бурятии как базовый компонент природных ресурсов Байкальского региона. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. 53 с.
 9. Черноусенко Г. И., Ямнова И. А. О генезисе засоления почв Западного Забайкалья // Почвоведение. 2004. № 4. С. 399–414.
-

CONTENTS AND STRUCTURE OF THE HUMUS SODIC SOLONCHAKS IN THE CONDITIONS OF ARIDIZATION OF CLIMATE

M. G. Merkusheva, I. N. Lavrentieva, S. B. Sosorova, A. L. Baldanova
Institute of the general and experimental biology of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, merkusheva48@mail.ru

Climate aridity in the last 10–15 years has changed water and salt regimes of sodic solonchaks, its biological productivity, and favored humus amount increasing because of humin content rising, its carbonization, reduce the humification degree and humus substances mobility. Fulvic acids amount has halved in comparison with the relatively moist period, and humus type changed from fulvate on fulvate-humate.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ И ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

М. Г. Меркушева, С. Б. Сосорова, Л. Н. Болонева

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
merkusheva48@mail.ru

Основные закономерности и особенности изменений свойств и гумусного состояния длительноорошаемых автоморфных (черноземы, каштановые) и аллювиальных почв в условиях Восточной Сибири достаточно полно изучены [1]. Однако до настоящего времени отсутствуют данные по оценке влияния орошения на свойства и гумусное состояние засоленных почв под многолетней травянистой растительностью. В поймах рек степной и сухостепной зон Западного Забайкалья наиболее распространены солончаки темные. Происхождение солончаков темных связано с близким залеганием слабоминерализованных грунтовых вод и выпотным (но периодически промывным) типом водного режима. В условиях региона процессы соленакопления в почвах и грунтовых водах приобретают специфические особенности, обусловленные засушливостью климата с малым количеством и ливневым их выпадением в июле-августе, а также длительным сезонным промерзанием почвенной толщи; континентальным характером соленакопления, в котором выделяются две тенденции: длительная аккумуляция солей (осень – зима – раннее лето) и кратковременное рассоление во второй половине лета.

Исследования проводили в пойме нижнего течения р. Уды в 2006–2011 гг. (координаты: абс. выс. 635 м, с. ш. 52° 09,443', в. д. 109° 12,911'). Изучали солончаки темные и их орошаемые аналоги (более 100 лет полива). Полив в разные годы проводился дождеванием, но основной режим – затопление. Раз в 5–6 лет в раннелетний период луга затопляются грунтовыми водами. Свойства солончаков изучали общепринятыми методами, содержание гумуса – по Тюрину в модификации Никитина, групповой и фракционный состав гумуса – по Пономаревой – Плотниковой.

Бескильницево-разнотравный неорошаемый галофитный луг трансформировался при длительном орошении в гусинолапчатково-разнотравный. Видовая общность бескильницево-разнотравного и гусинолапчатково-разнотравного фитоценозов по коэффициенту сходства Жаккара равна 0,28, что позволяет считать последний самостоятельным объектом, сформировавшимся и функционирующим в новых почвенно-экологических условиях.

Длительное орошение оказало неодинаковое воздействие на устойчивость видов к изменившимся почвенно-экологическим условиям их функционирования. Некоторые виды выпали из травостоя орошаемого луга, другие (бескильница тонкоцветная) – снизили свое участие, а лапчатка гусиная заняла доминирующее положение, т. е. видовой состав и обилие при орошении существенно

изменились, как и содержание и соотношение экологических групп. Снизилось участие ксерофитов и повысилось – мезофитов и комплекса гигрофитных групп, что является благоприятным фактором наряду с увеличением доли коротко- и длиннокорневищных видов для мероприятий по повышению продуктивности орошаемых лугов, в том числе для применения минеральных удобрений.

Согласно градации Р. Уиттекера [3], биологическая продукция фитомассы на солончаке луговом относится к умеренной ($0,68 \text{ кг/м}^2$ в год), а орошаемого ценоза – к высокой ($1,32 \text{ кг/м}^2$ в год). Экологические условия произрастания сообществ отражают величины соотношения их надземной и подземной фитомассы. В орошаемом ценозе этот показатель равен 5, в неорошаемом – 14, запасы надземной и подземной фитомассы соответственно составляют $1,96$ и $2,53 \text{ кг/м}^2$ (рис. 1), что позволяет первое сообщество отнести к малопродуктивным (4 балла), второе – к среднепродуктивным (5 баллов).

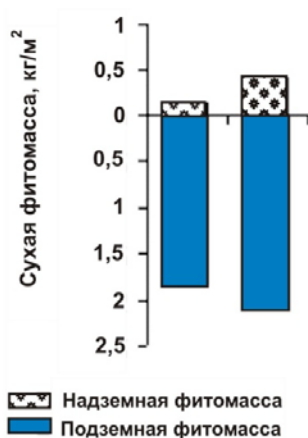


Рис. 1. Запасы фитомассы в галофитных сообществах, кг/м^2 .
Усл. обозн.:
1 – бескильницево-разнотравный;
2 – гусянолапчатово-разнотравный орошаемый

Для солончаков характерны неоднородный суглинистый гранулометрический состав (варьирует от легкого до тяжелого), щелочная реакция среды, преобладание Na^+ в составе обменных катионов, высокое содержание легкорастворимых солей в верхних слоях (рис. 2, А) и сульфатно-натриевый тип засоления.

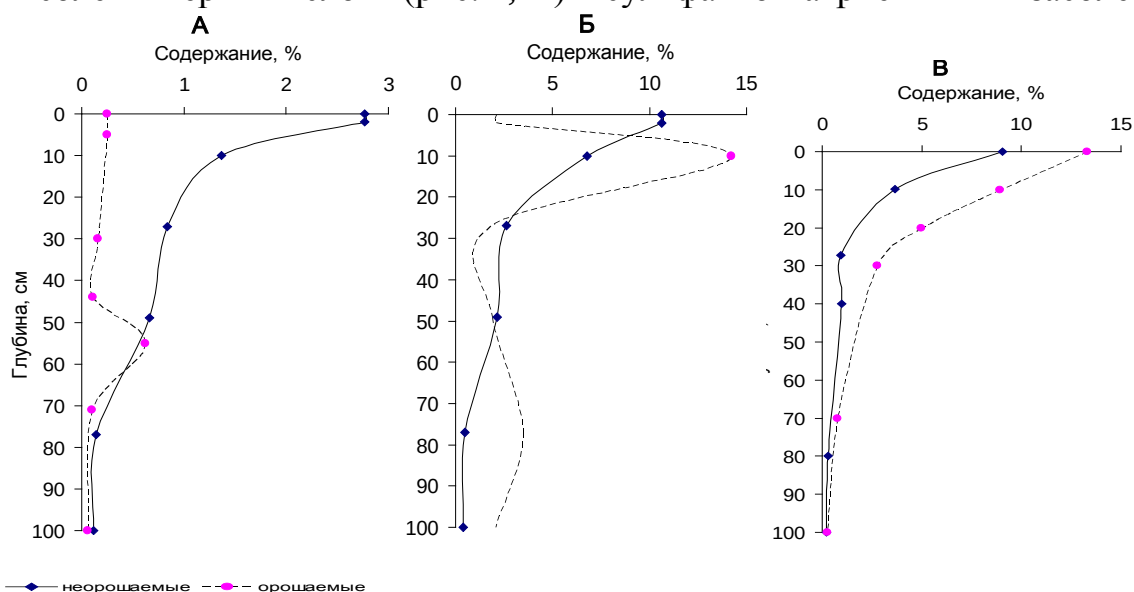


Рис. 2. Содержание и распределение легкорастворимых солей (А), карбонатов (Б) и гумуса (В) в неорошаемых и орошаемых засоленных почвах

Наличие в почвах карбонатов обуславливает щелочную реакцию среды (рис. 2, Б). Максимум их приурочен к самой верхней части профиля, минимум – к нижней.

Длительное орошение галофитного луга (более 100 лет) на солончаке темном способствовало изменению морфологического строения профиля с увеличением гумусового горизонта с 8 до 30 см, некоторому утяжелению гранулометрического состава, повышению емкости поглощения и показателей рН. Наибольшее влияние оказало орошение на содержание легкорастворимых солей и их ионно-солевой состав. Практически неизменное количество солей в середине профиля как неорошаемых, так и орошаемых почв связано с тяжело-суглинистым составом горизонта. Смена типа засоления с сульфатно-натриевого на гидрокарбонатно-магниевый в орошаемых почвах усилила процессы подщелачивания.

Увеличение поступления растительных (корневых) остатков способствовало существенному возрастанию содержания гумуса в поверхностных горизонтах орошаемых почв при сохранении резко убывающего его характера распределения по профилю (рис. 1, 2в, 3).

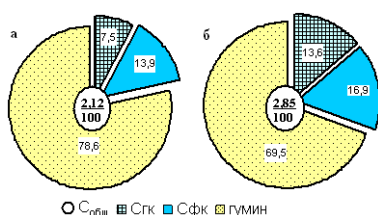


Рис. 3. Содержание и состав гумуса в неорошаемых (а) и орошаемых (б) засоленных почвах, % от $C_{\text{общ}}$.

Анализ состава гумуса неорошаемых и орошаемых засоленных почв (табл.) выявил, что 69–84 % от $C_{\text{общ}}$ связано с негидролизуемым остатком, степень гумификации в неорошаемых почвах очень слабая, в орошаемых – слабая. Тип гумуса в горизонтах S[AU], [AU], согласно градациям Д. С. Орлова и др. [2], с очень фульватного и фульватного в неорошаемой почве изменился до фульватного и фульватно-гуматного в орошаемой.

Таблица

Состав гумуса неорошаемых и орошаемых засоленных почв, % к $C_{\text{общ}}$ почвы

Горизонт, глубина, см	C _{общ.} , %	C _{гк}				C _{фк}					$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$	Н. о.	
		1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ			
Неорошаемая													
S[Ао] 0–2	5,26	1,3	6,0	2,9	10,2	2,6	1,2	13,4	3,7	20,9	0,49	68,9	
S[AU] 2–10	2,12	0,9	4,5	2,1	7,5	2,2	1,6	7,3	2,8	13,9	0,54	78,6	
BCca,s 10–27	0,54	0,6	8,3	1,9	10,8	1,4	1,1	5,9	2,0	10,4	1,04	78,8	
BCca,s,g 27–49	0,57	0,6	3,9	1,9	6,4	1,3	1,4	4,6	2,1	9,4	0,68	84,2	
Орошаемая													
S[Ао] 0–5	7,7	3,1	6,0	3,0	12,1	2,0	2,6	9,5	4,8	18,9	0,64	69,0	
[AU] 5–30	2,85	1,5	9,9	2,2	13,6	1,7	1,4	10,0	3,8	16,9	0,80	69,5	
BCca,s 31–44	0,49*	0,8	7,7	1,9	10,4	1,4	1,1	6,1	3,8	12,4	0,84	77,2	
BCca,s,g 44–55	0,45*	0,7	6,3	1,8	8,8	1,2	1,7	5,5	3,5	11,9	0,74	79,3	

Примечание: * – недостоверно.

Доля ГК-1 низкая, ГК-2 средняя в неорошаемых и высокая в орошаемых почвах; ГК-3 в неорошаемых – высокая, в орошаемых – средняя. В гумусовых горизонтах основная доля фульвокислот, как и гуминовых кислот, сконцентрирована во фракции, связанной с кальцием. При этом в орошаемых почвах ее количество несколько увеличилось. Обогащенность гумуса азотом практически не изменилась (C:N=9–10).

Таким образом, длительное орошение засоленных почв обусловило изменение их основных физико-химических свойств, способствовало увеличению мощности гумусового горизонта с возрастанием в нем количества гумуса, но не оказало значительного влияния на качественный его состав. Это связано с доминирующей долей гумина (рис. 3), который определяет устойчивость состава гумуса засоленных почв при орошении (тип гумуса, его обогащенность азотом, степень гумификации и др.).

Литература

1. Меркушева М. Г. Бадмаева С. Э., Убугунов Л. Л. Орошаемые почвы степных территорий Восточной Сибири. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2010. 572 с.
2. Орлов Д. С. Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
3. Уиттеккер Р. Сообщества и экосистемы. М. : Прогресс, 1980. 328 с.

CHANGE OF THE PROPERTIES AND HUMUS COMPOSITION OF SALINE SOILS AS AFFECTED BY LONG-TERM IRRIGATION

M. G. Merkusheva, S. B. Sosorova, L. N. Boloneva

Institute of the general and experimental biology of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, merkusheva48@mail.ru

Long-term irrigation (more than 100 years) of halophyte meadow on meadow solonchaks favored to change in morphology of profile. There became evident increase in thickness of humus horizon, somewhat weighting of texture, and increase in cation exchange capacity and pH-values. The irrigation exerts the most influence on the content of readily soluble salts and salt-ionic composition. Practically unaltered salt amount in the middle part of the profile is related to its heavy loamy texture. The replacement of sodium sulphate salinization by that of magnesium hydrocarbonate resulted in intensifying the process of alkalinization in irrigated soils. As a consequence of long-term irrigation the meadow of *Puccinellia tenuiflora* – herbs was transformed into that of *Potentilla anserina* – herbs. Species community of phytocenoses of *Puccinellia* – herbs and *Potentilla anserina* – herbs is equal to 0.28 by Jaccard's similarity factor, it permits to consider the latter as an independent object which was formed and is being functioned under new soil-environmental conditions.

ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ЛЕСНОГО ПИТОМНИКА ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ

Немков П. С., Грехова И. В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
grehova-rostok@mail.ru

Агротехнические приёмы обработки почв лесопитомников приводят к разрушению гумуса и снижению плодородия. Мониторинг почвы лесопитомника позволяет оценить плодородие, лесорастительные свойства и наметить проведение агроэкологических мероприятий по повышению продуктивности выращиваемых древесных культур.

Исследованиями Н. В. Фоминой [1] установлено, что напряженность биологических процессов в почвах лесных питомников зависит от особенностей самих почв, температуры и содержания отдельных питательных элементов. Кроме того, структура, динамика и функциональная активность микробных комплексов существенно определяются фенофазой развития семян, их корневыми экссудатами и взаимодействием с растениями через микоризу [2]. Также рост растений и формирование корневых систем проявляется в тесной связи с характером микрорельефа поверхности почвы [3].

Цель исследований: проведение мониторинга дерново-подзолистой почвы лесопитомника в южной части Тюменской области.

Исследования проводились в лесопитомнике ЗАО «Загрос» Заводоуковского района Тюменской области в 2012–2014 гг. Лесной питомник функционирует с 2009 г. Потребность ЗАО «Загрос» в посадочном материале хвойных пород составляет 1,2 млн шт. Это примерно на 250 га ежегодных посадок леса. В связи с таким большим количеством посадок и необходимостью в посадочном материале возникла потребность в расширении площади питомника. Рядом с ним осенью 2011 г. был выделен участок соснового леса, проведена вырубка деревьев и удалены пни. В начале мая 2012 г. участок распахали и выселили семена хвойных пород. Образцы почвы отбирались в слоях 0–20 и 20–40 см в междюбковом пространстве посадок и в лесу на границе с лесопитомником. Анализы проводили по общепринятым методикам.

Согласно морфологического описания разреза почва дерново-подзолистая. Произрастает сосна обыкновенная (возраст 95 лет) с наличием березы, рябины, осины. В наземном покрове разнотравная травянистая растительность: черничник, злаковые, хвощ, костяника, земляника.

Верхняя часть почвенного профиля (A_0) представлена слабоотторфованной лесной подстилкой с дерниной, мощность ее не превышает 3 см. Горизонт A_1 всего 7 см, окрашен в серый цвет, рыхлый, с обилием корней древесной и травянистой растительности, легкосуглинистый. Структура почвы горизонта зернисто-пылеватая. Нижележащий горизонт A_2 (10–50 см) имеет желтовато-

белесую окраску, бесструктурный, рыхлый, с наличием корней древесной растительности, супесчаный. Верхняя часть иллювиального горизонта В (В₁, 50–87 см) выделяется своей светло бурой окраской. Горизонт крупно-плитчатой структуры, слегка уплотнен, тонко пористый, с наличием обильной кремнеземистой присыпки, редко тонкие корни, супесчаный. Нижняя часть иллювиального горизонта В (В₂, 87–132 см) темно-бурой окраски, крупно призматически-ореховатой структуры, плотная, с наличием кремнеземистой присыпки, ржаво охристой примазки, черно-бурых вкраплений, с наличием тонких пор, средне-суглинистая. Материнская порода (С) имеет охристо-светло-бурую окраску, бесструктурная, плотная, с наличием черно бурых вкраплений и кремнезема присыпки, супесчаная.

В данной статье рассмотрим изменение потенциальной кислотности дерново-подзолистой почвы после распашки под выращивание саженцев сосны и ели.

После вспашки изменялась обменная кислотность почвы, величина рН увеличивалась на 0,5 в слое почвы 0–20 см и на 0,7 в слое 20–40 см по сравнению со значением до вспашки (табл.).

Таблица

Изменения потенциальной кислотности дерново-подзолистой почвы лесопитомника

Дата	Варианты	рН _{сол}		Нг, мг-экв. /100 г	
		0–20 см	20–40 см	0–20 см	20–40 см
09.05.2012	Питомник (до вспашки)	4,8	4,6	3,8	2,9
11.05.2012	Питомник (после вспашки)	5,3	5,3	0,9	0,8
19.06.2012	Лес (контроль)	4,4	4,6	4,2	2,5
	Питомник (сосна)	4,7	4,9	1,9	1,8
	Питомник (ель)	5,0	5,0	1,8	1,2
12.09.2012	Лес (контроль)	4,7	4,3	5,0	3,0
	Питомник (сосна)	5,1	4,6	2,3	2,6
	Питомник (ель)	4,6	4,4	2,1	2,3
29.05.2013	Лес (контроль)	4,6	4,5	3,9	2,3
	Питомник (сосна)	5,9	4,8	1,2	1,7
	Питомник (ель)	5,2	5,3	1,1	1,2
04.09.2013	Лес (контроль)	4,6	4,8	3,4	2,6
	Питомник (сосна)	5,0	4,8	3,0	2,6
	Питомник (ель)	4,7	4,7	3,2	2,6
03.05.2014	Лес (контроль)	4,3	4,8	3,2	2,1
	Питомник (сосна)	5,1	4,4	3,2	1,6
	Питомник (ель)	4,4	4,1	3,3	2,0
11.09.2014	Лес (контроль)	4,4	4,7	3,4	2,1
	Питомник (сосна)	4,9	4,5	3,2	2,6
	Питомник (ель)	4,6	4,4	3,3	2,0

Особенно резкие различия по кислотности почвы между лесом и питомником наблюдались через год после вспашки. Превышение в слое 0–20 см по величине рН в рядах ели и сосны на 0,6 и 1,3 единицы. На протяжении трех лет

водородный показатель в рядках сосны выше, чем у ели. Некоторые различия в динамике показателей почвы на делянках с посевами сеянцев можно объяснить их физиологическими особенностями. В слое 20–40 см величина рН почвы леса ниже значений на делянках питомника до весны 2013 г. К осени этого года они выравнивались. На третий год показатель обменной кислотности почвы леса выше, чем в почве питомника.

Гидролитическая кислотность почвы после распашки уменьшалась в 4,2 раза в слое 0–20 см и в 3,6 раза в слое 20–40 см. Осенью 2013 г. и в последующий период различий в величине данного показателя в почве участка лесопитомника по сравнению с почвой леса не наблюдалось.

Изменения потенциальной кислотности почвы можно объяснить тем, что при вспашке лесная подстилка и горизонт A_1 перемешиваются с горизонтом A_2 . Распашка большинства целинных земель без внесения доз свежего органического материала сопровождается на начальном этапе усиленной минерализацией легкоразлагаемых компонентов почвенного органического вещества [4]. Водород почвенного раствора обменивается на поглощенные основания и связывается коллоидными частицами [5]. При распашке дерново-подзолистой почвы усиливаются процессы трансформации минералогического состава илистой части почвы и вымывание продуктов разложения органического вещества [6].

Таким образом, при распашке дерново-подзолистой почвы под лесопитомник в южной части Тюменской области в первый год наблюдалось повышение величины водородного показателя в соляной вытяжке и снижение гидролитической кислотности. В последующий период значения потенциальной кислотности почвы нового участка лесопитомника и леса выравнивались.

Литература

1. Фомина Н. В. Особенности ферментативных процессов почв лесных питомников Красноярского края // Вестн. КрасГАУ. 2008. №2. С. 135–142.
2. Фомина Н. В. Эколого-микробиологический мониторинг почв лесных питомников Средней Сибири : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2007. 20 с.
3. Прокопьев М. Н. Подрост ели и его использование для восстановления леса. М. : Гослесбумиздат, 1963. 62 с.
4. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М. : ГЕОС, 2015. С. 50.
5. Почвоведение / под ред. И. С. Кауричева. М. : Колос, 1982. С. 114–116.
6. Муха В. Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). М. : КолосС, 2004. С. 152–159.
- 7.

CHANGES OF SOIL PROPERTIES OF FOREST NURSERY UNDER ANTHROPOGENIC LOADS

Nemkov P. S., Grekhova I. V.

Due to a large number of landings and need for landing material for CJSC Zagros Mountains of Zavodoukovsky district of the Tyumen region there was a need for expansion of the area of nursery. At the beginning of May, 2012 the site exempted from the pine wood was opened and have sowed seeds of a pine and fir-tree. After plowing exchange acidity of the soil changed, size

pH increased on 0,5 in a layer of earth of 0–20 cm and on 0,7 in a layer of 20–40 cm in comparison with value to plowing. For the third year after plowing the indicator of exchange acidity of the soil of the wood is higher, than in the nursery soil. Hydrolytic acidity of the soil after plowing decreased by 4,2 times in a layer of 0–20 cm and by 3,6 times in a layer of 20–40 cm. In one and a half years of distinctions in the size of this indicator in the soil of a site of a nursery forest in comparison with the soil of the wood it wasn't observed.

ПОЧВЫ УЧЕБНО-БОТАНИЧЕСКОГО САДА НФИ КЕМГУ: ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ

Подурец О. И.

Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,
г. Новокузнецк, glebova-podurets@mail.ru

В Новокузнецком педагогическом институте для прохождения предметных и комплексных практик студентами естественно-географического факультета в 1956 г. была организована агробиостанция, переименованная в 2013 г. в учебно-ботанический сад. На территории до сих пор проводятся учебные полевые практики по основам сельского хозяйства, ботанике, почвоведению, физиологии растений и др. С учетом 50-летней длительности систематического использования почв и агрохимического прессинга, связанного с проведением работ по внесению различных химических препаратов с использованием разнообразных технологий обработки, стала актуальна проблема оценки состояния почв, содержания основных биофильных элементов и корректировки агрохимической картограммы кислотности почвы. Полученные данные позволят в дальнейшем спланировать работы и улучшить состояние почв.

Цель исследований: провести мониторинг почв учебно-ботанического сада в условиях различного современного хозяйственного использования, оценить динамику кислотности почв, содержание гумуса и биофильных элементов.

Методы и объекты исследования. Объектом исследования являются почвы учебного ботанического сада. Пробы отбирались по участкам различного хозяйственного использования. В работе использовались общепринятые методы по физико-химическому и морфологическому анализу почв [1; 2; 6]. На основании полученных данных была проведена оценка и построены картограммы содержания подвижного фосфора, калия и кислотности почв.

Условия почвообразования. Территория учебно-ботанического сада в географическом отношении расположена на юге Кузнецкой котловины в южной лесостепи, между Алатаусско-Шорским нагорьем и Салаирским кряжем, в административном – на юго-востоке Новокузнецкого района в окрестностях села Атаманово. Для территории характерен умеренно континентальный тип климата. Радиационный баланс 20–25 ккал/см, сумма температур выше 10 °С 1500–2300 °С. Преобладают ветры юго-западного направления. Количество осадков – 593 мм в год. По обеспеченности влагой район относится к полувлажным. Климатические условия благоприятны для роста и развития естественной деревянистой и травянистой растительности и для возделывания широкого ассортимента культур.

Материнские почвообразующие породы сформировались на намывном аллювии, что повлияло на постепенное образование заливных лугов на надпойменной части и на водоразделах Кузнецкой котловины. Преобладает преимущественно выровненный тип рельефа. Территория учебно-ботанического сада в

орографическом плане приурочена к надпойменным обширным террасам второго и третьего порядка [3].

Территория на основании почвенно-географического районирования относится к Мариинско-Ачинскому почвенному округу расчлененной лесостепи и лесостепи предгорий Томь-Усть-Кондомского пойменно-террасового района [5; 7]. Почвенный покров на равнинных территориях в Новокузнецком районе представлен чернозёмами, серыми лесными, луговыми, дерново-подзолистыми, болотными и аллювиальными почвами. Многообразие типов и подтипов почв определяется континентальным климатом, разнообразным рельефом и богатым растительным покровом. Почвы ботанического сада представлены темно-серой лесной слабоподзоленной, серой лесной глееватой и лугово-болотной почвами западносибирской фации [3; 5].

Наибольшую площадь территории учебно-ботанического сада занимают темно-серые лесные почвы, лугово-болотные занимают незначительную площадь ($> 10\%$) и в данный момент в хозяйственной деятельности не используются, также не просматриваются признаки агрогенной трансформации и в предыдущие годы.

На основании морфологических описаний темно-серые лесные почвы отнесены к мощным (< 40 см) и среднемощным (20–40 см), средне и многогумусным; серые лесные глеевые к среднемощным (25–28 см) и мало- и среднегумусным [3].

Лучшими физическим свойствам отличаются темно-серые почвы, они характеризуются большей влагоемкостью, высоким содержанием доступной для растений влаги, меньшей плотностью твердой фракции. В почвах данной территории преобладает периодически промывной тип водного режима, наиболее глубокое промачивание происходит в период весеннего снеготаяния, но в переувлажнённом состоянии находятся только лугово-болотные почвы. Для почв характерны процессы оглеения, диагностируемые железистыми новообразованиями в нижней части профиля у серой лесной почвы и почти по всему профилю у лугово-болотной. По грансоставу почвы среднесуглинистые и довольно распылены. Структурный состав темно-серых лесных почв не однородный, различается не только по профилю в пределах одного разреза, но и по участкам в пределах однотипных генетических горизонтов. Структурный состав верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов изменяется от глыбистого до мелкозернистого. Наиболее плохоструктурены почвы старых сельскохозяйственных полей, которые представляют собой залеж с 2000 г., почвы действующего участка, где ежегодно проводился севооборот, имеют наилучшую структуру, но обеднение илом, обогащение пылеватыми фракциями и невысокое содержание гумуса, способствует быстрому обесструктуриванию верхнего горизонта при распашке.

Содержание гумуса является показателем, который определяет не только производственную ценность данных почв, но и является одним из критериев разделения серых лесных почв на подтипы. Темно-серые лесные почвы Кемеровской области относятся к высокогумусным или тучным разновидностям и содержат в гор. А от 8 до 12 % и более гумуса, серые лесные – 4–6 % [5; 7]. В темно-серой лесной почве ботанического сада содержание гумуса было нерав-

номерным. В целом показания изменялись от 3,2 до 11 %, с сохранением контрастности показателей и по каждому исследуемому участку. Наибольший диапазон содержания гумуса характерен для старых сельскохозяйственных участков – от 5,1 до 11 %, представляющих с 2000 г. залеж, а с 2014 г. вновь освоены. На участке с более регулярным сельскохозяйственным использованием – от 4,1 до 9,5 %. Наименьшим содержанием гумуса характеризуются участки с древесной растительностью (плодово-ягодный, дендрарий) – 4,1–6,7 % [3].

Важным агрохимическим показателем экологического состояния почв является кислотность почвенной среды. Кислотность почвенного раствора влияет на рост и развитие растений, которые не только находятся в зависимости от среды, но сами способны воздействовать на величину pH. Анализ данных за 1968 г. выявил, что диапазон значений изменялся от сильнокислой (min pH 5,0) до нейтральной (max pH 6,8). Изолинии картограммы совпадают с изолиниями рельефа естественных понижений. В данных 1984 г. диапазон значений изменялся от сильнокислой (min pH 5,5) до нейтральной (max pH 7,4). Прослеживается сдвиг изолиний картограммы, приуроченность сильнокислых почв к участкам с наибольшей антропогенной нагрузкой. Картограмма кислотности почвы за 2008 год содержит ареалы щелочных почв (диапазон pH 7,5–8,2), которые ранее не прослеживались в данных. Приуроченность ареала к геоморфологическим особенностям, а также к виду проводимой на тот период хозяйственной деятельности и к видам растительности, выращиваемых на этом участке, не выявлена. Вероятно, сдвиг pH в щелочную сторону связан с внесением каких-либо удобрений или препаратов, сильно изменивших почвенную среду. Спектр данных и картограмма кислотности почвы 2013 года характеризуется наибольшей вариабильностью показателей и мозаичностью ареалов групп кислотности от резкокислых до щелочных [4].

Валовое содержание азота в верхнем части гумусово-аккумулятивного горизонта варьирует в пределах 0,20–0,27 %. Наиболее высоким содержанием азота, как и гумуса, характеризуются почвы участка регулярного сельскохозяйственного использования с применением севооборотов, но распределение содержания гумуса и азота в пределах даже одного участка не равномерно.

Мозаичность в показателях проявляется и в содержании подвижных форм фосфора и калия. По данным разных авторов темно-серые лесные почвы лесостепной зоны Кемеровской области считаются высоко обеспеченными валовыми запасами фосфора, однако фосфорное питание растений затруднено малой растворимостью и подвижностью почвенных соединений фосфора, на долю которых приходится от 2,7 до 12 % валовых количеств [5; 7]. Нижний порог содержания фосфора в почвах исследуемых участков от 5,0 и до 8,0 мг/100 г, а верхний от 15,0 до 25,0 мг/100 г. Преобладает сильная контрастность содержания фосфора на всем участкам исследуемой территории. По содержанию подвижного калия наибольшая часть почв характеризуется как мало- и среднеобеспеченные, хотя почвы лесостепной части области отнесены к средне- и высокообеспеченным [1; 3].

На основании изученного полевого, лабораторного и картографического материала были сделаны следующие выводы:

1. Почвы учебно-ботанического сада по усредненным показателям характеризуются преимущественно как средне- и высокогумусные, но высокая мозаичность определяет необходимость учета особенностей гумусного состояния каждого отдельного участка для ведения рационального землепользования.

2. Длительный сельскохозяйственный прессинг определил неравномерность агрохимического состояния почв и мозаичность показателей. В условиях современного использования почв учебно-ботанического сада необходим учет локальных данных по каждому конкретному участку для создания благоприятных почвенных условий для воспроизводства растений.

3. Появление мозаичности и широкого диапазона значений pH для сравнительно небольшой территории определяет необходимость проведения мероприятий по стабилизации кислотности среды, что является одним из условий при проведении организационно-хозяйственных мероприятий на территории учебного ботанического сада.

4. На наибольшей части ботанического сада культивирование почв отсутствует, что определяет необходимость проведения комплексных агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Литература

1. Справочник по оценке почв / В. Ф. Вальков, Н. В. Елисеева, И. И. Имгрунт, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. Майкоп: ГУРИПП Адыгея, 2004. 236 с.
2. Методические указания по изучению морфологических и физико-химических свойств почв при ландшафтных исследованиях. Ярославль, 1988. 36 с.
3. Подурец О. И., Прошкин Б. В. Агрохимическая характеристика почв учебно-ботанического сада НФИ Кемеровский государственный университет // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования. Тамбов, 2015. С. 107–110.
4. Подурец О. И., Гильфанова Р. Р. Оценка динамики кислотности почв учебного ботанического сада НФИ КемГУ // Современные тенденции развития науки и технологий. Белгород, 2016. С. 78–81.
5. Подурец О. И. Почвенные ресурсы // Кемеровская область. Природа и население. Новокузнецк, 2008. Ч. 1. С. 59–68.
6. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. М. : Россельхозиздат, 1965. – 332 с.
7. Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. – Новосибирск : Наука, 1975. 300 с.

GROUND TRAINING AND BOTANICAL GARDEN KEMSU NEH: DESCRIPTION AND EVALUATION OF

Podurets O. I.

*Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk,
glebova-podurets@mail.ru*

Natural-climatic and soil conditions of the school botanical garden NEH KemSU favorable for agricultural production. Prolonged use of soil in economic activity affected the number of agrochemical parameters. The appearance of the mosaic, and a wide range of values determines the need for measures to stabilize the soil environment, which is one of the conditions for carrying out organizational and economic activities in the territory of the school botanical garden.

ЭНЗИМОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ

Русанов А. М., Воеводина Т. С.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, soilec@esoo.ru

Введение. Опираясь на принципы, заложенные в «Основах государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года», утвержденных Президентом РФ в 2012 г. и в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, принятой в 2010 г., особую значимость приобретают работы в области экологического нормирования загрязненных земель и их последующей рекультивации. Применительно к Оренбургской области, аграрному региону, расположенному в пределах черноземной полосы России и одновременно центру по добыче и переработке углеводородного сырья данные работы являются особенно актуальными. Одним из основных направлений экологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения является установление показателей предельно допустимого содержания нефтепродуктов в почве. В настоящее время уровни допустимых концентраций нефти и нефтепродуктов в почвах (за исключением бензина) не установлен в большинстве стран мира, в том числе и в России. Проблема диагностики и нормирования содержания углеводородов в почвах, несмотря на продолжительный период изучения, все еще далека от оптимального и комплексного разрешения. Отсутствие до сегодняшнего дня научно-обоснованных и утвержденных государственных стандартов на допустимое содержание нефти и ее компонентов в почвах допускает их произвольное и достаточно субъективное нормирование. В имеющейся нормативной литературе предлагается широкий диапазон уровней содержания нефти в почве, оказывающих токсическое воздействие на почвенные организмы. Это приводит к высоким затратам на проведение почвоохранных мероприятий при их низкой экологической эффективности. В то же время, во многих исследованиях показано, что установление единых фоновых показателей и унифицированных допустимых концентраций нефти в почвах невозможно, т. к. разные почвы обладают различной способностью к деструкции углеводородов собственной микробиотой и разной устойчивостью (буферностью) к загрязнению. В этой связи изменение их свойств в одинаковой степени будет происходить при различной концентрации нефти. Адаптация нормативов допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почве должна прямым или косвенным образом учитывать как характер загрязнения, так и особенности загрязненной почвы. В этой связи актуальны и своевременны исследования по разработке региональных нормативов уровней загрязнения почв нефтью [1; 2].

Объекты и методы исследования. Полевые эксперименты были проведены в подзонах чернозёма типичного (лесостепная зона), обыкновенного и южного (степная зона). Почвы были искусственно загрязнены 3; 6; 12 и 18 % кон-

центрациями нефти (процент нефти рассчитывался относительно массы почвы слоем 30 см, площадью $1 \times 1 \text{ м}^2$). Опыт проводился на многолетней пашне. Для энзимологической оценки нефтезагрязненных почв образцы отбирались из слоя 0 – 30 см (верхняя часть гор. А+АВ) и исследовались на 1; 3; 6 и 12 месяцы после загрязнения. При этом допустимым уровнем загрязнения было принято считать такое количество нефти, которое подвергается минерализации в почве естественным образом за промежуток времени, не превышающий один год.

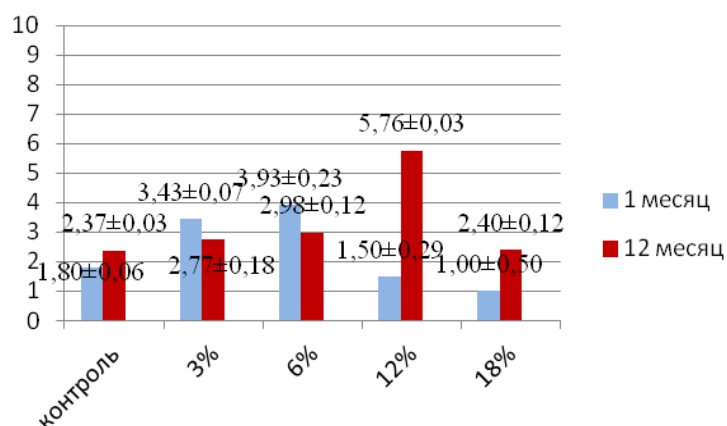
Ферментативную активность (каталаза) определяли с помощью газометрического метода А. Ш. Галстяна (1986) [3]. Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнены в программе StatSoft STATISTICA for Windows 7.0.

Результаты исследования и обсуждение. Ранее проведенные многочисленные исследования показали, что из множества диагностических признаков (содержание и запас гумуса, емкость катионного обмена, количество питательных элементов и др.), определяющих степень влияния нефти на почвенную экосистему, наиболее достоверными индикаторами или показателями устойчивости почв к антропогенным воздействиям, связанным с загрязнением нефтью, служит ферментативная активность почв, которая является лабильным признаком, реагирующим даже на незначительные изменения свойств почв [4–6]. Аналогичные исследования, проведенные в 2007–2012 гг. в условиях черноземов Предуралья, подтверждают эти выводы.

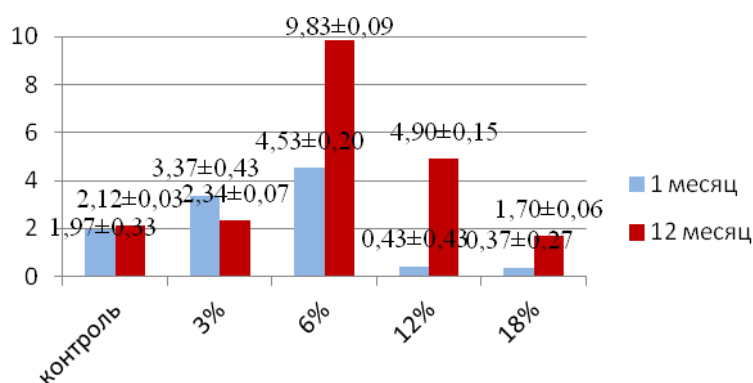
Основная роль в процессах самоочищения почвы от ксенобиотиков принадлежит биологическому окислению. Почвенные ферменты участвуют в процессах самоочищения почвы от экзогенных веществ, трансформируя, нейтрализуя, разрушая не свойственные почвам вещества, токсичные изначально или образовавшиеся выше определенных пределов. Биологическое окисление происходит в процессе окислительно-восстановительных ферментативных реакции и осуществляется оксидоредуктазами (в частности каталазой) [3]. Каталазная активность – это устойчивый показатель, который может использоваться для энзимологической диагностики состояния уровня загрязненности почв и изменения окислительно-восстановительных условий среды. Многие исследователи (Алиев С. А., Габбасова И. М. и др.) предложили использовать активность каталазы как показатель общей биологической активности почв с различной степенью загрязнения нефтяными органическими веществами [7–9].

Определение каталазной активности и следуемых нефтезагрязненных типичных черноземов Предуралья показало, что на протяжении всего периода инкубации низкие дозы нефти увеличивают активность данного фермента. Из рисунка 1 видно, что уже через месяц после загрязнения активность каталазы при 3- и 6%-ном загрязнении во всех исследуемых подтипах чернозема увеличивается в 2 и более раз, что, вероятно, связано с поступлением в верхние слои почв входящих в состав нефти соединений ароматического ряда, которые являются субстратом для многих групп микроорганизмов. Критической дозой нефти, достоверно снижающей активность каталазы по сравнению с контролем, является 12 и 18 %. На 3 месяце в черноземе типичном пороговая концентрация нефти сдвигается до 18 %. Это явление может быть обусловлено более высокой

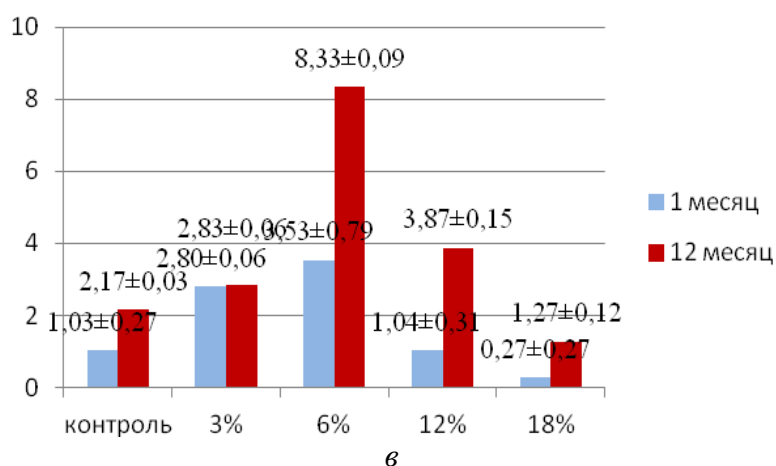
биологической активностью данного подтипа чернозема, которая обеспечивает процессы биodeградации нефти, в результате чего образуется достаточное количество субстрата для интенсификации окислительно-восстановительных процессов.



a



б



в

Рис. 1 Активность каталазы, мл $O_2 \times 1$ мин/г: *a* – чернозем типичный (лесостепная зона); *б* – чернозем обыкновенный (степная зона); *в* – чернозем южный (степная зона)

Через год после загрязнения во всех исследуемых подтипах чернозема критической дозой поллютанта является концентрация 18 %. В образцах чернозема типичного активность каталазы при 3 и 6 % загрязнении через год близка к

контролю (что позволяет судить о восстановлении свойств почв после загрязнения), а в образцах чернозема обыкновенного и южного такой эффект наблюдается лишь при 3 % загрязнении.

Выводы. Полученные результаты позволяют предполагать, что высокая биологическая активность черноземных почв определяет их высокую степень устойчивости к загрязнению нефтью. Установлено, что 3 % концентрация нефти способствуют повышению ферментативной активности черноземов всех исследованных типов, что косвенно свидетельствуют о запуске механизмов детоксикации нефти. При таком уровне содержания нефти в почвах в течение первого года после ее разлива происходит самовосстановление почвенных экосистем под влиянием естественных микробиологических и биохимических процессов. В применении методов рекультивации такие черноземы не нуждаются. В черноземах типичных (лесостепная зона) и в черноземах степной зоны (обыкновенные и южные) по ряду показателей 6 % загрязнение нефтью так же способствует активизации процессов биохимического окисления, однако естественной биологической активности почв с таким уровнем загрязнения недостаточно для полного восстановления почвенных экосистем. Способность к самовосстановлению свойств черноземов при этом уровне углеводородного загрязнения снижается в ряду географической зональности (черноземы типичные – черноземы южные). Восстановление таких подтипов черноземов Предуралья при 6 % их загрязнении следует проводить дифференцированно: с применением агротехнических приемов в подзоне черноземов типичных, агротехнических и фитомелиоративных в подзоне черноземов обыкновенных и с применением микробиологических препаратов в подзоне черноземов южных. Дозы нефти 12 и 18 % оказывают прямой токсический эффект на почвенную микрофлору и на важнейшие физические и химические свойства почв. Восстановление почвенной экосистемы черноземов со столь высоким уровнем загрязнения возможно при комплексном применении приемов мелиорации, где главная роль должна принадлежать микробиологическим препаратам.

Литература

1. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / С. Я. Трофимов, Я. М. Амосова, Д. С. Орлов, Н. Н. Осипова, Н. И. Суханова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. 2000. № 2. С. 30–34.
2. Роль микробиологических факторов при самоочищении загрязненных нефтью почв в различных природных зонах / М. А. Глазовская, А. Г. Ахмедов, Н. П. Ильин, А. А. Оборин, Ю. И. Пиковский, Г. В. Постоногова, В. И. Трипольский // Тез. докл. «Микробиологические методы борьбы с загрязнением окружающей среды. Пущино, 1979. С. 21–22.
3. Галстян А. Ш. Диагностика эродированных почв по активности ферментов // Проблемы и методы биологической диагностики почв. М. : Наука, 1976. С. 317–328.
4. Киреева Н. А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах. Уфа : Изд-во БашГУ, 1995. 171 с.
5. Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F. Monitoring of bioremediation by soil biological activities // Chemosphere. 2000. Vol. 40. P. 339–346.
6. Русанов А. М., Мисетов И. А., Шорина Т. С. К вопросу диагностики и оценки загрязненных нефтью черноземов // Вестн. Том. гос. ун-та. 2012. № 364. С. 219–224.

7. Алиев С. А., Гаджиев Д. А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв // Изв. АН АзССР. Сер. Биол. науки. 1977. № 2. С. 46–49.

8. Габбасова И. М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана. Уфа : Гилем, 2004. 284 с.

9. Киреева Н. А., Новоселова Е. И., Хазиев Ф. Х. Ферменты азотного обмена в нефтезагрязненных почвах // Изв. АН. Сер. биол. 1997. № 6. С. 755–759.

ENZYMOLOGICAL CHARACTERIZATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS UNDER ENVIRONMENTAL REGULATION

Rusanov A. M., Voevodina, T. S.
Orenburg state University, Orenburg, soilec@esoo.ru

Summary. The article is sanctified to the problem of rationing of oil content in the chernozems of the Urals. We studied the impact of oil on the enzymatic activity and its change in response to different doses of pollutant and time of incubation. Using these diagnostic signs an ecological evaluation to a different degree of oil-contaminated soils and the proposed scheme for their reclamation.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОСЕРЫЙ ПОЧВЫ ФТОРИДАМИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ УГЛЕРОДА В АГРОЭКОСИСТЕМАХ

Семенова Ю. В., Помазкина Л. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, agroeco@sifibr.irk.ru

Современные изменения климатических факторов, как и техногенное загрязнение пахотных почв, существенно влияют на трансформацию углерода и формирование режимов функционирования агроэкосистем. Известно также, что воздействие факторов среды на состояние и устойчивость агроэкосистем в разных почвенно-климатических регионах РФ неодинаковое [7]. В последние десятилетия, отличающиеся потеплением климата, важное значение имеет оценка отклика агроэкосистем на изменение факторов среды, которая может быть реализована только в долгосрочном мониторинге.

Стационарные исследования проводили в лесостепи Байкальского региона в разные по гидротермическим условиям годы в агроэкосистемах на агросерых почвах незагрязненной и техногенно загрязненной фторидами алюминиевого производства. В многолетнем (1997–2015 гг.) агроэкологическом мониторинге на фоне климатических изменений исследовали воздействие загрязнения почв фторидами на трансформацию углерода в агроэкосистемах интенсивного севооборота (пар – пшеница 1 год – пшеница 2 год). Трансформацию углерода в течение вегетации оценивали по скорости эмиссии CO_2 из почв и содержанию углерода микробной биомассы (С мик) в почве. Постановка исследований и методы опубликованы ранее [5–7].

Агросерые среднесуглинистые незагрязненная (D) и загрязненные (DF1 и DF2) почвы различались свойствами, которые зависели в основном от содержания водорастворимых фторидов. Несмотря на близкое содержание общего углерода и обменных оснований в почвах, загрязнение повышало подвижность гумусовых веществ (Пг), снижало буферность по отношению к NaF (соответственно 32 и 37 на загрязненных почвах, против 137 на почве D) и способствовало подщелачиванию.

Климат в зоне лесостепи умеренно сухой и резко континентальный. Сумма температур выше 10° низкая (1595°), возможны весенние и раннелетние заморозки. Количество осадков за год колеблется от 270 до 386 мм, их максимум (80–90 %) выпадает за теплый период. Весна и начало лета бывают засушливые [1]. По данным РОСГИДРОМЕТ [3], в Восточно-Сибирском регионе, включая зону лесостепи, современные климатические изменения были связаны с повышением температуры воздуха, которая на 94°C превышала сумму активных температур. Одновременно снижалось количество летних осадков. Отмеченные

изменения указывают на необходимость оценки их влияния на функционирование агроэкосистем, наряду с техногенным загрязнением пахотных почв в регионе.

По данным находящейся недалеко от мониторинга метеостанции «Иркутск» (НИИГМИ; <http://www.meteo.ru>) была рассчитана «климатическая норма» гидротермических показателей за период вегетации (WMO [9]). Выявленные инструментально ежегодные данные среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков показали, что в большинстве лет мониторинга средняя температура превышала климатическую норму более чем на 2 σ , сумма осадков была в пределах нормы, а показатель ГТК соответствовал градации достаточная или оптимальная влагообеспеченность [2].

В данной работе внимание уделяли результатам последних лет мониторинга (2012–2015 гг.), сравнивая их с показателями 1997 г., который был близким к норме. Как и в предыдущие годы мониторинга, отмечался тренд повышения среднесуточной температуры воздуха при одновременном снижении осадков. Так, если в июле 1997 г. среднесуточная температура воздуха составляла 19,1 °С, то в 2012, 2013, 2014 и 2015 гг. повышалась (20,5; 21,4; 21,1 и 21,8 °С, соответственно). Относительно благоприятного 1997 г., в 2012 г. количество осадков было больше (320 мм), а ГТК соответствовал градации достаточно влажно. В 2013 и 2015 гг. осадков было меньше (соответственно 181 и 202 мм), а ГТК снижался до 0,96 (недостаточная влагообеспеченность). Наиболее благоприятными по влагообеспеченности были 2014 и 1997 гг., в которые количество осадков достигало 282 и 266 мм.

Различия климатических условий в разные годы, как и загрязнение почв фторидами на их фоне, оказывали влияние на трансформацию углерода в агроэкосистемах. Расчет величины потоков углерода проводили с учетом их объемного веса каждой почвы. Выявлено, что в пару среднее многолетнее содержание в почвах микробной биомассы (С мик) мало зависело от загрязнения (66; 63 и 67 г/м² соответственно на D, DF1 и DF2). Однако на всех почвах в 1997 г. показатели были выше средних за мониторинг (табл. 1). В отличавшемся распределением осадков 2012 г. повышение С мик происходило только на незагрязненной почве (79 г/м²). В то время как на почвах DF1 и DF2 показатели оказались близкие и ниже (65 и 67 г/м² соответственно). В сравнительно благоприятном по распределению осадков 2014 г. содержание С мик было меньше, чем в 1997 г., но больше чем в среднем за мониторинг. В 2015 г., отличавшемся повышенной температурой, но низким количеством осадков, содержание С мик было наименьшим, особенно на почве DF2 (45 г/м²), что обусловлено, вероятно, подвижностью фторидов.

Таблица 1

Трансформация углерода в агроэкосистемах на агросерых почвах в пару

Поч- ва	С мик, г/м ² (РИ)					С-СО ₂ г/м ² (Н-М)				
	1997г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	1997 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
D	89±10	79±6	66±6	71±9	57±12	120±5	119±5	132±5	105±4	152±6
DF1	92±9	65±6	66±6	75±8	50±11	225±9	122±7	137±8	121±6	124±7
DF2	не опр.	67±8	84±10	70±7	45±13	не опр.	168±9	197±8	169±6	143±7

Наблюдения за эмиссией CO_2 показали, что в благоприятном 1997 г. суммарный за вегетацию показатель на почве DF1 был существенно выше, чем на незагрязненной (соответственно 225 и 120 г/м²). Такую же зависимость демонстрировали среднееголетние показатели на почвах DF1 и D (148 и 127 г/м², соответственно). В 2012 г. повышение эмиссии отмечали только на почве DF2 (168 против 119 и 122 г/м² соответственно на D и DF1). В 2013 г., отличавшемся меньшим количеством осадков, показатель был выше, особенно на почве DF2 (197 г/м²). В благоприятном по гидротермическим условиям 2014 г. на незагрязненной почве эмиссии CO_2 оказалась ниже, чем на DF1, но особенно высокой была на DF2 (169 г/м²). Снижение показателя в засушливом 2015 г. на почве DF1, вероятно, обусловлено снижением подвижности фторидов.

Анализ в мониторинге корреляции между скоростью эмиссии CO_2 и температурой воздуха показал, что на незагрязненной почве связь была выше ($r = 0,50$), чем на загрязненной DF1 ($r = 0,40$). Зависимость от влажности почвы была обратная и слабая ($r = -18$). Можно полагать, тренд повышения температуры воздуха сопровождался усилением эмиссии CO_2 , особенно на загрязненных фторидами почвах. Повышение на фоне климатических изменений в 2012–2015 гг. эмиссии C- CO_2 на почве DF2 можно рассматривать как ответную реакцию микроорганизмов на загрязнение.

Различия в функционировании микробного комплекса на фоне изменения гидротермических показателей демонстрирует величина минерализованного (М) за вегетацию углерода, а также относительное формирование потоков нетто-минерализованного (Н-М) и (ре)иммобилизованного (РИ) углерода (% от М). В среднем за мониторинг показатель М в пару на незагрязненной почве D был меньше, чем на загрязненной DF1 (78,9 и 89,8 мг С/100 г). На почве DF2 он оказался наибольшим (107,5 мг С/100 г). В отдельные годы мониторинга показатели мало отличались от средних многолетних, но также больше были на загрязненной почве DF2. Независимо от загрязнения почвы большая часть минерализованного за вегетацию углерода подвергалась эмиссии C- CO_2 . Средний многолетний показатель Н-М потока, относительно М углерода, на почвах D, DF1 и DF2 составлял соответственно 67; 70 и 72 %. В неблагоприятные годы доля Н-М повышалась, особенно в 2015 г. (76 % от М). На незагрязненной почве (ре)иммобилизация углерода выше была, чем на загрязненных. В близком к норме 1997 г. на почве D показатель достигал 43 %, а на DF1 28 % от М. В засушливом 2015 г. рециркуляция углерода оказалась меньше, особенно на почве DF2 (24 %).

Обобщение полученных экспериментально результатов с использованием методологии сравнительного и системного анализа, основанного на изменении соотношения потоков углерода (Н-М:РИ) [4–6], позволило выявить зависящие от изменения условий среды различия, которые связаны с формированием режима функционирования агроэкосистем. На загрязненных почвах как в разные годы, так и в среднем за мониторинг преобладал поток Н-М углерода (табл. 2). Так, в близком к норме 1997 г. в пару на почве D агроэкосистема функционировала в режиме стресса («допустимая» нагрузка), в то время как на загрязненной почве DF1 в режиме резистентности («предельно допустимая» нагрузка). Во

влажном 2012 г. агроэкосистемы на почвах D и DF1 формировался режим стресса, а на почве DF2 режим резистентности. Повышение показателя Н-М:РИ в сравнительно неблагоприятном 2013 г. свидетельствует, что нагрузка на агроэкосистему была высокая, независимо от уровня загрязнения. На всех почвах в этом году формировался режим резистентности («предельно допустимая» нагрузка). В относительно благоприятном 2014 г. в этом режиме функционировала только агроэкосистема на почве DF2, тогда как на почвах D и DF1 был режим стресса («допустимая» нагрузка). Отсутствие негативного воздействия фторидов на загрязненной DF1 почве в последние годы обусловлено постепенным их снижением к 2010 г. [7; 8]. В засушливом 2015 г. нагрузка на агроэкосистему повышалась, особенно на почве DF2, где она достигала уровня «критическая». Следовательно, в неблагоприятных климатических условиях негативное воздействие техногенного загрязнения усиливалось.

Таблица 2

Интегральная оценка режимов функционирования агроэкосистем
(соотношение потоков Н-М:РИ)

Почва	Среднее за 1997–2015 гг.	1997 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
D	2,0	1,3	1,5	2,1	1,5	2,7
DF1	2,4	2,5	1,9	2,1	1,6	2,5
DF2	2,6*	-	2,5	2,3	2,4	3,2

Примечание. *Среднее за 2012–2015 гг.

Таким образом, многолетние исследования выявили, что различие в функционировании почвенного микробного комплекса, влияющее на трансформацию углерода, зависело как от гидротермических факторов, так и от уровня загрязнения почв фторидами. Климатические изменения в разные годы влияли на формирование режима функционирования и состояние агроэкосистем. В неблагоприятных или отличающихся от «климатической нормы» условиях негативное действие техногенного загрязнения фторидами усиливается.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (03-04-49450-а, 05-04097206-р_Байкал_а, 08-04-98042-р_Сибирь_а, 12-04-98054-р_сибирь_а, 14-05-00735-а, 14-45-04040-р_сибирь_а).

Литература

1. Агроклиматический справочник по Иркутской области. Л. : Гидрометиздат, 1962. 160 с.
2. Зоидзе Е. К., Хомякова Т. В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006. № 2. С. 98–105.
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Общее резюме. М. : РОСГИДРОМЕТ, 2008. 28 с.
4. Устойчивость агроэкосистем к техногенному загрязнению фторидами / Л. В. Помазкина, Л. Г. Котова, Е. В. Лубнина, С. Ю. Зорина, А. С. Лаврентьева. Иркутск : ИГ СО РАН, 2004. 225 с.
5. Помазкина Л. В. Новый интегральный подход к оценке режимов функционирования агроэкосистем и экологическому нормированию антропогенной нагрузки, включая техногенное загрязнение почв // Успехи современной биологии. 2004. Т. 124, № 1. С. 66–76.

6. Помазкина Л. В. Интегральная оценка влияния техногенного загрязнения и климатических факторов на агроэкосистемы Байкальской природной территории // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131, № 2. С. 193–202.
 7. Помазкина Л. В. Мониторинг эмиссии CO₂ и содержание микробной биомассы в агроэкосистемах на серой лесной почве Прибайкалья в условиях загрязнения фторидами // Почвоведение. 2015. № 8. С. 1–15.
 8. Временные изменения свойств загрязненных фторидами алюминиевого производства серых лесных пахотных почв и возможность их самоочищения / Л. Г. Соколова, Е. Н. Звягинцева, С. Ю. Зорина, Н. Н. Ковалева, Л. В. Помазкина // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131, № 5. С. 487–493.
 9. WMO. Greenhouse Gas Bulletin. 2008. N 4. 4 p. URL: <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/GHGBulletin.html>
-

THE INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS AND TECHNOGENIC POLLUTION AGROGRAY SOIL OF FLUORIDE ON THE TRANSFORMATION CARBON IN AGROECOSYSTEMS

Semenova Yu. V., Pomazkina L. V.

Federal State Budget Institution of Science Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, agroeco@sifibr.irk.ru

In the long-term (1997–2015) agroecological monitoring in the forest of the Baikal region against the backdrop of modern climate change investigated the effects of soil contamination by fluorides of aluminum production on carbon transformation in agroecosystems. Attention is paid to the results obtained in the last years of monitoring (2012–2015), which were compared with the figures of 1997, close to the norm. Differences in climatic indices in different years, as well as contamination of soil fluorides in their background have influenced on the transformation of carbon in agroecosystems. The content of the microbial biomass (C mic) in the soils was not dependent on contamination. The CO₂ emission was significantly higher in soil DF1 soil than in unpolluted. In adverse, far from the "climate normal" conditions, the negative effect of the technogenic pollution is increasing.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИИ CO₂ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

Симакова А. А., Помазкина Л. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, agroeco@sifibr.irk.ru

Актуальность проблем современных климатических изменений подтверждает новое Климатическое соглашение (апрель 2016 г.), связанное с глобальным потеплением климата, прежде всего направленное на сокращение выбросов парниковых газов на территории разных государств. Согласно Второму оценочному докладу РОСГИДРОМЕТ [2], в настоящее время климатические изменения на территории РФ характеризуются повышением температуры воздуха, которое более чем в 2,5 раза превышает скорость глобального потепления. Однако, как известно, изменение климата в различных почвенно-климатических регионах РФ происходит неодинаково.

Задача исследования – в лесостепи Байкальской Сибири в длительном (1997–2015 гг.) мониторинге в агроэкосистемах на агросерой почве оценить эмиссию CO₂ в зависимости от изменения гидротермических факторов и техногенного загрязнения фторидами алюминиевого производства.

Долгосрочные исследования проводили на стационаре СИФИБР в агроэкосистемах на агросерых среднесуглинистых почвах незагрязненной (D) и загрязненной фторидами алюминиевого производства (DF), различавшихся по химическим свойствам (табл. 1). В загрязненной почве DF содержание водорастворимых фторидов составляло 6 ПДК. Степень их подвижности, как отношение водорастворимых фторидов к валовому содержанию фтора (СП, %), достигала 7,7 %. Рассчитанная на основе использования нескольких показателей буферность по отношению к фторидам (Б_{NaF}) [4] в почве DF резко снижалась.

Таблица 1

Свойства почв										
Почва	С _{общ}	N _{общ}	pH _{вод}	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺	ЕКО	F _{вал}	F _{вод}	СП, %	Б _{NaF}
	%			мг-экв/100 г			мг/кг			
D	1,13	0,13	6,6	24,0	0,23	27,2	485	5	1	137,0
DF	1,47	0,14	7,0	22,0	0,60	26,9	820	57	7,7	32,0

Мониторинговые наблюдения проводили в полевых опытах интенсивного севооборота (пар-пшеница-пшеница). Среднесуточную скорость скорости эмиссии CO₂ из почв измеряли абсорбционным методом [5] еженедельно в течение вегетации (110 дней). На основе показателей рассчитывали суммарную эмиссию CO₂ за месяц, вегетацию и межсезонье. Одновременно проводили инструментальные наблюдения за температурой воздуха и влажностью почв.

Климат в зоне лесостепи умеренно сухой и резко континентальный [1]. Среднегодовая температура воздуха колеблется от -1°C до -3°C . Малоснежная зима длится более 5 месяцев. Почвы промерзают на глубину до 2–2,5 м и оттаивают медленно. Весной погода неустойчива с возвратом пониженных температур. Влагообеспеченность почв в начале вегетации зависит от запаса осенней-зимней влаги. Сумма температур выше 10° низкая (1595°), возможны весенние заморозки. Температура июля $17,2\text{--}18,2^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков колеблется от 270 до 386 мм, а максимум приходится на теплый период (80–90 %). Весна и начало лета бывают засушливыми. Осенний период короткий с неустойчивой погодой. Резко снижение температура происходит в начале октября.

За период мониторинга в отдельные годы гидротермические показатели в течение вегетации различались. В последние десятилетия отмечены факты потепления климата, причем на юге Байкальского региона изменения были особенно значительные [3]. В мониторинге относительно «климатической нормы» (1961–1990 г., WMO) [6] выявлен тренд повышения температуры воздуха при значительном колебании суммы осадков [4]. Аномальным распределением за вегетацию температуры воздуха и осадков отличались следующие годы: 1997 г. – близкий к норме, 2002 и 2015 гг. – засушливые, а 2004 и 2008 гг. – переувлажненные. Так, в 1997 г. средняя температура июля составляла $19,1^{\circ}\text{C}$, а количество осадков 266 мм с максимумом в июле и августе (44 и 30 %). Показатель влагообеспеченности (ГТК) был ближе к норме (1,46). В засушливые 2002 и 2015 гг. температура июля достигала соответственно $22,7$ и $21,8^{\circ}\text{C}$. Сумма осадков снижалась (170 и 202 мм), причем наиболее засушливым был июль, в котором отмечали резкое снижение ГТК (соответственно 0,92 и 0,96). 2004 и 2008 гг. отличались пониженной температурой воздуха, но высоким количеством осадков (434 и 409 мм). Показатели ГТК составляли соответственно 2,26 и 1,99.

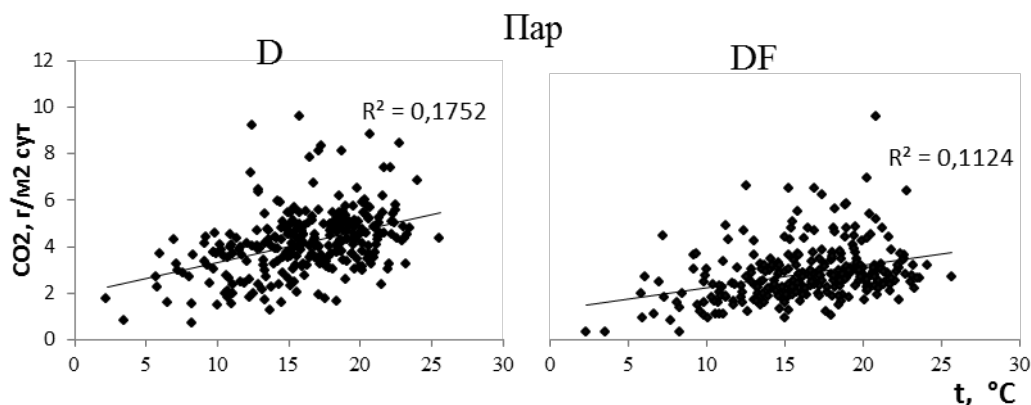


Рис. 1 Связь между скоростью эмиссии CO_2 и температурой воздуха на незагрязненной (D) и загрязненной (DF) почвах в мониторинге (1997-2015 гг.)

Изменения климатических факторов в отдельные годы мониторинга, влияли на скорость эмиссии CO_2 , как и загрязнение почв фторидами на их фоне. Тренд характеризующий зависимость скорости эмиссии от температуры воздуха показан на рис. 1. Во все годы в июле она была наиболее высокой. Среднесуточные показатели на почве D составляли $4,93 \text{ г/м}^2$, а на почве DF – $6,21 \text{ г/м}^2$. Статистический анализ полученных в течение мониторинга данных выявил связь между скоростью эмиссии CO_2 и температурой воздуха, которая на незагрязненной почве D была выше ($r = 0,42$), а на загрязненной DF менее тесная ($r = 0,34$).

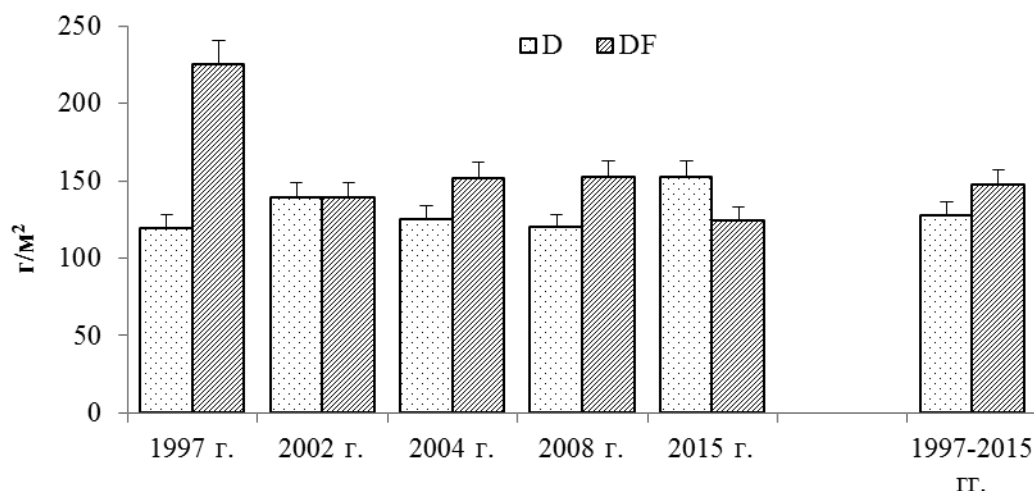


Рис.2 Суммарная за вегетацию эмиссия C- CO_2 в пару.

Выделенные для анализа климатические изменения в отдельные годы и загрязнения почв фторидами на их фоне, влияли на величину эмиссии CO_2 в агроэкосистемах (г/м^2), которая рассчитана с учетом объемного веса пахотного слоя почвы. Как показано на рис. 2, в близком к норме 1997 г. в пару на загрязненной почве DF суммарная за вегетацию эмиссия C- CO_2 оказалась на 47 % выше, чем на незагрязненной почве D. В засушливом 2002 г. на обеих почвах она была одинаковая и примерно такая же как на почве D в 1997 г. В не менее засушливом 2015 г. в разных почвах отличия показателя были незначительные. Связанное с дефицитом влаги снижение подвижности фторидов нивелировало их негативное воздействие. В переувлажнённые 2004 и 2008 гг. эмиссия CO_2 на загрязненной почве DF оказалась одинаковая (152 г/м^2), причем выше чем на почве D. Изменение показателя в условиях избыточного увлажнения, вероятно, зависело от высокой подвижности фторидов и, как следствие, повышения затрат на дыхание почвенного микробного комплекса, особенно на загрязненной почве [4].

Среднегодовые за мониторинг данные, характеризующие эмиссию CO_2 в разные годы выявили, что суммарная за вегетацию эмиссия C- CO_2 на незагрязненной почве составляла 127 г/м^2 , а на почве DF увеличивалась до 147 г/м^2 .

Таким образом, выполненные в 19-летнем мониторинге исследования выявили, что происходившее повышение среднесуточной температуры воздуха в отдельные годы за вегетационный период сопровождается эмиссией CO_2 в атмосферу. Исследования свидетельствуют, что техногенное загрязнение почв

фторидами на фоне климатических изменений негативно влияют на эмиссию CO₂. Корреляция между скоростью эмиссии CO₂ и температурой воздуха характеризует воздействие на газовый состав атмосферы, в том числе за счет техногенно загрязненных почв. Эмиссии CO₂ в атмосферу сопровождается потерями почвенного углерода, что влияет на продуктивность агроэкосистем, наряду с климатическими условиями. Вероятно, одним из антропогенных факторов, способствующих глобальным климатическим изменениям, может быть техногенное загрязнение почв фторидами алюминиевого производства.

Среднемноголетние данные показали, что в аномальные по влагообеспеченности годы на агросерой загрязненной фторидами почве показатель существенно выше, чем на незагрязненной (147 против 127 г/м²). Экспериментально полученные в мониторинге репрезентативные данные позволили впервые рассчитать эмиссию CO₂ в агроэкосистемах на территории отдельных районов, которая для Иркутской области составляла около 7 т/га в год.

Литература

1. Агроклиматический справочник по Иркутской области. Л. : Гидрометиздат, 1962. 160 с.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М., 2014. 61 с.
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Общее резюме. М. : РОСГИДРОМЕТ, 2008. 28 с.
4. Помазкина Л. В. Мониторинг эмиссии CO₂ и содержания микробной биомассы в агроэкосистемах на серой лесной почве Предбайкалья в условиях загрязнения фторидами // Почвоведение. 2015. № 8. С. 1003–1016.
5. Шарков И. Н. Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара // Агрохимия. 1986. № 2. С. 109–118.
6. WMO. Greenhouse Gas Bulletin. 2008. № 4. 4 p. URL: <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/GHGbulletin.html>

QUANTITATIVE EVALUATION OF CO₂ EMISSIONS IN AGROECOSYSTEMS STEPPE BAIKAL SIBERIA

Simakova A. A., Pomazkina L. V.

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
agroeco@sifibr.irk.ru*

The urgency of solving the problems associated with global warming. The results of long-term (1997–2015) monitoring research in agroecosystems of the agrogray soil in the forest-steppe zone of the Baikal Siberian, associated with the estimate of CO₂ emission, which is dependent on annual changes during the growing season of hydrothermal indicators and technogenic pollution with fluorides of aluminum industry. With respect to «climatic norm» (WMO) in monitoring marked trend of increasing air temperature at the swing amount of precipitation. Average annual long-term data showed that the CO₂ emission in the contaminated soil above, especially in abnormal years on moisture. Statistically it is shown that increasing the average daily air temperature in some years was accompanied by the emission of CO₂ into the atmosphere. On the basis of the experimentally obtained average long-term monitoring data for the first time calculated quantification of CO₂ emission into the atmosphere from the agroecosystems in the forest-steppe zone of the Baikal region.

СИДЕРАЛЬНЫЙ ПАР С КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ ЗАНЯТОСТИ – ИСТОЧНИК ИЛИ СТОК УГЛЕРОДА?

Соколова Л. Г., Зорина С. Ю., Дорофеев Н. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН, г. Иркутск, Россия
sokolova.lada@sifibr.irk.ru

В ряду наземных экосистем только агроэкосистемы традиционно считаются источником углерода, вследствие отчуждения части чистой первичной продукции с урожаем и высокой доли пара в большинстве применяемых севооборотов [6; 10]. Именно в чистых парах происходят некомпенсируемые потери органического вещества за счет дыхания почвенного микробного комплекса, поскольку фотосинтетический сток углерода отсутствует. Снижение доли нетто-источников в региональном балансе углерода является требованием Рамочной конвенции по изменению климата [2]. Одним из эффективных приемов может быть включение в системы земледелия сидеральных паров, где не только происходит связывание углерода, но и его полный возврат в почву при запашке. Однако крайне малое количество прямых оценок эмиссии CO_2 с поверхности почвы и в целом баланса углерода при данном виде парования не позволяет дать однозначных рекомендаций [9]. Кроме того, вследствие биологических особенностей сидеральных культур, периоды их вегетации могут существенно различаться. Например, редька масличная формирует необходимую для заделки биомассу всего за 40–50 сут. [5]. В остальное время почва остается незанятой, что также способствует потерям почвенного органического вещества. Влияние сидеральных паров с коротким периодом занятости на формирование потоков углерода не известно. Необходимо также учитывать специфику процессов трансформации в конкретных почвенно-климатических условиях.

Задача исследования – изучить потоки и баланс углерода в сидеральных парах с коротким периодом занятости редькой масличной в условиях лесостепи Прибайкалья.

Исследования начаты на агроэкологическом стационаре СИФИБР СО РАН (д. Тунгуй Иркутской обл.) в 2015 г. Сумма активных температур ($>10^\circ\text{C}$) за вегетационный сезон значительно превышала среднеголетние значения (2090, против 1560 $^\circ\text{C}$). Количество осадков за период с апреля по сентябрь было ближе к «норме» (соответственно 298 и 268 мм), но распределение их оказалось крайне неравномерным. Схема опыта включала: 1 – чистый пар (контроль), 2 – сидеральный пар. Динамические наблюдения за эмиссией CO_2 с поверхности почвы (адсорбционный метод [7]) проводили в четырехпольном (2 ротация) и пятипольном (начало освоения) севооборотах. Соответственно – опыт I и опыт II. Учетная площадь в опыте I составляла 1000 м², а в опыте II – 80 м². Предшествующей культурой были яровой ячмень и черный пар. В качестве сидеральной культуры в обоих севооборотах использовали редьку масличную летнего

срока сева (вторая декада июня), что наиболее целесообразно с хозяйственной точки зрения в условиях лесостепи Прибайкалья. Через 45 сут. после посева накопленная биомасса была заделана в почву. Учет ее надземной части в каждом опыте был проведен методом пробных площадей ($0,25 \text{ м}^2$). Одновременно оценивали подземную биомассу путем отбора корней из почвенного монолита ($10 \times 10 \text{ см}$) [4]. Все измерения выполняли в 4–5 повторностях. Содержание углерода в почвенных и растительных образцах определяли методом Тюрина. Баланс углерода рассчитывали как разность между чистой первичной продукцией посева (ЧПП) и почвенным микробным дыханием (МД) [3]. Величину последнего оценивали, исходя из суммарной эмиссии CO_2 за май–сентябрь без учета дыхания корней, которое принимали за $1/3$ от суммарной эмиссии CO_2 в течение вегетации [2]. Поскольку распределение в части выборок отличалось от нормального для статистической обработки данных использовали методы непараметрической статистики (критерий Мана – Уитни; программа SigmaPlot for Windows 12.0). В таблицах и на рисунке приведены значения медианы, а также 25 и 75 % проценты.

Почва экспериментального участка серая лесная среднесуглинистая. Основные запасы углерода сосредоточены в пахотном слое (0–20 см), что обусловлено небольшой мощностью гумусового горизонта (25–30 см). Вследствие почвенной разности и отличий по предшественникам содержание Сорг. в опыте I колебалось в пределах 2,5–2,8, а в опыте II – 1,5–2,1 %. Возделывание сидеральной культуры и ее заделка в почву не оказали влияния на содержание Сорг., вследствие, вероятно, короткого периода для включения свежего органического вещества в процессы гумификации. Известно также, что в пик биологической активности почвы (июль–август) зеленая масса сидератов, в связи с узким соотношением C:N, подвергается быстрому микробному разложению, что не способствует закреплению новообразованных гумусовых веществ [1].

Сезонная динамика среднесуточной эмиссии CO_2 зависела от вида парования, причем характер ее оказался сходным в обоих опытах (рис. 1). До посева сидеральной культуры значимых различий между вариантами не отмечалось. «Всплеск» почвенного дыхания в вариантах с сидеральным паром был зафиксирован в период активной вегетации растений. Заделка зеленой массы в почву способствовала поддержанию высокой интенсивности процессов дыхания в течение 3–4 недель. Затем показатели постепенно снижались и к концу теплого периода различия между вариантами нивелировались. Однако в целом скорость эмиссии CO_2 в опыте I оказалась выше, чем в опыте II (соответственно 0,9–18,6, против 0,9–9,5 г/м² сут.). Сезонные колебания в вариантах чистого пара были более «сглажены» (0,7–8,7 и 0,5–4,5 г/м² сут.), но также отличались по опытам. Причиной могли быть как разный ресурс углерода, так и значительный пул растительных остатков ячменя в опыте I. Оценка мортмассы в почвенных монолитах показала большее ее количество в опыте I (в 3 раза), по сравнению с опытом II. Связь между количеством растительных остатков предшествующей культуры и эмиссией CO_2 известна [8].

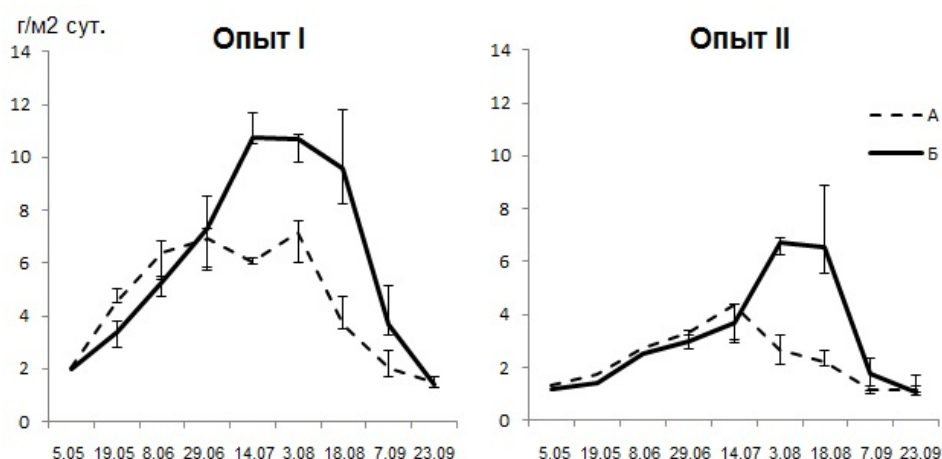


Рис. Динамика среднесуточной эмиссии CO₂ из чистых (А) и сидеральных (Б) паров на серой лесной почве лесостепи Прибайкалья

Суммарную эмиссию CO₂ за теплый сезон (май-сентябрь) проводили с учетом периодов чистого парования и возделывания сидеральной культуры, что позволило выделить их роль в формировании потоков углекислоты. Как видно из табл. 1, за период до посева сидеральной культуры для показателей в обоих вариантах каждого из опытов различий найдено не было. Значимыми отличиями характеризовались периоды вегетации редьки масличной, и, особенно, после заделки ее зеленой массы в почву. При этом в период вегетации растений величина эмиссии отличалась в основном за счет вклада корневого дыхания (КД). С учетом затрат на КД (1/3 эмиссии за вегетацию [6]) ее показатели в обоих видах пара за этот период оказались вполне сопоставимы. Так, опыте I они составляли 83 и 81, а в опыте II – 39 и 42 г С/м² для сидерального и чистого пара, соответственно. Заделка растительной массы в почву способствовала усилению минерализации. Суммарная эмиссия углерода в сидеральных парах за этот период превышала показатели в чистом пару в 2 и 2,3 раза, соответственно опытам. Большая активность процессов минерализации в опыте с меньшим ресурсом углерода могла быть связана с положительным «затравочным эффектом» [6]. В целом сезонные потоки CO₂ из серой лесной почвы под сидеральным паром с коротким периодом занятости были значимо выше (в 1,4–1,9 раза), чем в чистом пару ($p=0,008$).

Поступление углерода в почву при заделке редьки масличной независимо от опыта оказалось близким. Сформировавшийся за 45 суток урожай надземной массы достигал 295 [248; 333] и 269 [211; 310] г сухого вещества на м² для опыта I и опыта II, соответственно. Оценка массы корней также не выявила значимых различий между опытами (31 [26; 35] и 29 [23; 34] г сух. в-ва/м²; $p=0,687$). В результате чистая первичная продукция составила 171 и 155 г С/м² (табл. 2), что на 67 и 131 % превысило величину эмиссии CO₂, выделившейся за период после заделки зеленой массы в каждом из опытов.

Таблица 1

Суммарная эмиссия CO₂ (май – сентябрь) при разных видах парования серой лесной почвы
(n = 5)

Вид пара	Суммарная эмиссия CO ₂ , г C/ м ² *			
	за период до посева сидерата	за вегетацию сидеральной культуры	за период после за-пашки зеленой массы	В целом за сезон
Опыт I				
Чистый	83 [75; 93]	81 [72;84]	49 [38; 61]	210 [164;231]
Сидеральный	70 [68; 76]	124 [117; 149]	102 [87; 112]	301 [277;328]
	p=0. 052	p=0. 008	p=0. 008	p=0. 008
Опыт II				
Чистый	20 [18; 24]	42 [35; 49]	29 [25; 31]	91 [79;105]
Сидеральный	21 [20; 24]	59 [45; 65]	67 [56; 79]	143 [129; 156]
	p = 0,690	p = 0,095	p = 0,008	p = 0,008

*p – уровень статистической значимости отличий при парном сравнении чистого и сидерального пара в каждый временной период.

Баланс углерода характеризовался наибольшим дефицитом в чистом пару (212 и 92 г/м², в опыте I и II, соответственно), что свойственно данному приему земледелия. Как было показано, величина его зависела от ресурса органического вещества, в том числе пула растительных остатков предшествующей культуры. Возврат углерода с зеленой массой редьки масличной полностью компенсировал его потери за счет дыхания микробного комплекса в течение теплого сезона лишь в опыте II. В опыте I, где величина газообразных потерь была выше, они восполнялись на 66 %. Однако дефицит в балансе по сравнению с чистым паром сокращался в 2. 5 раза.

Таблица 2

Баланс углерода в полевых опытах на серой лесной почве при разных видах парования
(n = 5), г/м²

Вид пара	Чистая первичная продукция	Микробное дыхание	Баланс
Опыт I			
Чистый	-	212	-212
Сидеральный	171	259	-88
Опыт II			
Чистый	-	92	-92
Сидеральный	155	129	+26

Таким образом, в условиях лесостепи Прибайкалья сидеральные пары с коротким периодом занятости (редька масличная) способствуют повышению эмиссии CO₂ из почв, вследствие активной минерализации свежего органического вещества. Однако в сравнении с чистым паром непродолжительное возделывание этой культуры можно считать эффективным приёмом земледелия, поскольку он снижает потери углерода из почвы. Предварительные данные по-

казали, что сидеральный пар с коротким периодом занятости может выступать как источник, так и сток углерода.

Литература

1. Биологические основы плодородия почв Бурятия / Н. Е. Абашеева, М. Г. Меркушева, Л. Л. Убугунов, А. П. Батудаев, В. И. Убугунова, М. Р. Маладаева. Улан-Удэ : Изд-во БГСХА, 2009.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М. : Росгидромет, 2014. 54 с.
3. Лубнина Е. В., Помазкина Л. В. Баланс углерода в агроэкосистемах на серых лесных почвах Прибайкалья // Почвоведение. 2007. №5. С. 554–561.
4. Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории / В. А. Рожков, И. В. Кузнецова, Х. Р. Рахматуллоев. М. : Изд-во ИГУ, 2004. 40 с.
5. Пешкова А. А., Дорофеев Н. В. Биологические особенности и технология возделывания редьки масличной. Иркутск, 2008. 145 с.
6. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России/ В. Н. Кудеяров [и др] ; Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. М. : Наука, 2007. 315 с.
7. Шарков И. Н. Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара // Агрохимия. 1986. № 2. С. 109–118.
8. Шарков И. Н., Шепелев А. Г., Мишина П. В. Продуцирование CO₂ пашней на черноземе выщелоченном в условиях лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2013. № 5. С. 51–57.
9. Шепелев А. Г. Минерализация и баланс углерода в чернозёме выщелоченном в условиях зерновых агроценозов лесостепи Приобья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.04. Новосибирск, 2011.
10. Agroecosystems in a Changing Climate (Advances in Agroecology) / Paul C. D. Newton, R. Andrew Carran, Grant R. Edwards, Pascal A. Niklaus. CRC Press, 2006.

GREEN FALLOW WITH A SHORT PERIOD OF CROP CULTIVATION – A CARBON SOURCE OR SINK?

Sokolova L. G., Zorina S. Yu., Dorofeev N. V.

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
sokolova.lada@sifibr.irk.ru*

The first data of the carbon flows and balance in the green fallow with *Raphanus sativus* var. *oleifera* Metzg. for conditions of Baikal forest-steppe was received in the field experiments. It was shown that this agriculture technique effectively reduces the carbon loss compared to black fallow. Preliminary data showed that the green fallow with a short period of crop cultivation can act as a carbon source or sink.

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ударцев И. А., Грехова И. В.

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
grehova-rostok@mail.ru*

Расположенный в южной части Тюменской области Армизонский район входит в состав Тобол-Ишимского озёрно-аллювиального геоморфологического района. Лесистость Армизонского района составляет 14,6 %. Все леса участкового лесничества отнесены к равнинным, и представлены рассредоточенными по территории административного района различными по величине лесными участками (лесные дачи, колки). Растительность представлена древесной, кустарниковой и травянистой формациями. Из лесных пород здесь произрастают, главным образом, берёза бородавчатая с примесью осины. Берёза занимает 70 % древесной растительности, осина – 20 %, сосна – 10 %. Берёзовые насаждения коренного типа, преимущественно 3 бонитета, расположены, главным образом, на выровненных пространствах. В понижениях произрастают берёзовые насаждения 4 и 5 бонитетов. При изучении почв Тюменской области в большей степени уделяется внимание пашне, а почвы лесных массивов в основном не обследуются. В настоящее время на территории лесничества отмечается понижение грунтовых вод. Площади лесов, подверженных вымочке, значительны, и в погибших лесных массивах резко сменился напочвенный покров, что влияет и на изменение свойств почв.

Цель исследований – изучение почв берёзовых лесов Армизонского лесничества.

Во время полевых почвенных исследований берёзовых лесов Армизонского лесничества изучались морфологические признаки почвенного профиля и в каждом генетическом горизонте отбирались образцы для почвенного анализа. Всего было обследовано 8 берёзовых лесов, расположенных в разных поселениях лесничества.

Территория лесничества расположена в области типичных неогеновых плато Западно-Сибирской низменности и представляет собой слабоволнистую равнину с большим количеством блюдцеобразных понижений и озёр. Абсолютные высоты над уровнем моря не превышают 40–60 м. Эрозионные процессы выражены слабо. Развитию водной эрозии препятствует равнинный рельеф района, а ветровой эрозии – преобладание почв с тяжелым механическим составом и небольшая сила ветров в весенний период.

Почвенный покров района имеет прямую связь с рельефом и для него характерно широкое распространение признаков осолодения и солонцевания. Обследованные берёзовые леса произрастают на разных почвах: тёмно серой лесной осолоделой, серой лесной осолоделой и солоди.

Подстилающими породами послужили третичные морские отложения сильнозасолённые, карбонатные. Они покрыты слоем четвертичных отложений

субаэрального генезиса, которые и являются почвообразующими породами. Четвертичные породы представлены лёссовидными глинами, суглинками и супесями преимущественно желто-бурого и редко сероватого цвета. В районе описываемой территории эти породы не редко являются засоленными, что связано с вторичным засолением их за счёт засоления грунтовых вод. Таким образом, сложился своеобразный комплекс почвообразующих пород. Все они в различной степени карбонатны.

В местах пониженного уровня грунтовых вод на повышенных элементах рельефа (гряды, увалы) – соли отмыты на значительную глубину. Здесь сформировались почвы чернозёмного типа и серые лесные почвы. По понижениям и слабо приподнятым элементам рельефа, где уровень грунтовых вод стоит на незначительном расстоянии от поверхности, формируются солоды и почвы солонцово-солончакового типа почвообразования.

Серые лесные почвы формируются при преобладающем воздействии дернового процесса, чему способствует хорошо развитая травянистая растительность, и ослабленного элювиального, по сравнению с типично подзолистыми почвами в них более благоприятный химический состав продуктов разложения лесного опада листовенных лесов. Эти процессы приводят, с одной стороны, к аккумуляции питательных веществ и формированию гумусового горизонта в верхней части профиля, с другой – заметному их выносу из гумусового горизонта в нижнюю часть профиля. В целом профиль этих почв резко дифференцирован на ряд генетических горизонтов.

В верхней части почвенного профиля этих почв формируется слабо развитая дернина (A0), мощность ее вместе с лесным опадом обычно не превышала 5 см.

Гумусово-элювиальный горизонт этих почв (A1) по сравнению с их европейскими аналогами невелик: у серых лесных до 18 см, у темно-серых – 26–42 см. В зависимости от подтипа он окрашен от светло- до темно-серого цвета, иногда почти черного. Структура комковатая или пылевато-комковатая. Горизонт рыхлый или слегка уплотнен.

Нижележащий горизонт A1B1 у лесных почв в пределах 4–11 см, имеет светло- или белесовато-серую окраску с кремнезёмистой присыпкой, уплотненное сложение, структура комковато-пластинчатая.

Иллювиальный горизонт B чётко выделяется своей бурой или темно-бурой окраской, плотным сложением и ореховатой структурой. В верхней его части обнаруживается кремнезёмистая присыпка. Структурные отдельности, имеют гляцевую лакировку по граням. В средней или нижней части горизонта имеются образования карбонатов в виде пятен, мелких вкраплений, размытых конкреций, прожилок. Глубина вскипания составляет 58–105 см.

Материнская порода C имеет светло- и охристо-бурую или палево-бурую окраску. Менее плотная, чем вышележащий горизонт Bк. Структура не выражена. Здесь, а иногда и выше, нередко обнаруживаются следы бывшего или современного оглеения в виде ржаво-охристых образований или сизых пятен.

Почвенный профиль солодей резко дифференцирован на генетические горизонты, мощность которых меняется в зависимости от условий генезиса.

Горизонт А0 у солодей луговых не превышал 2 см, рыхлый, представлен лесной подстилкой, слегка задернован. У лугово-болотной он более мощный (5 см), задернован и оторфован. Гумусовый горизонт А1 тёмно-серой окраски, мощностью до 26 см у луговой солоди. В результате быстрого удаления из почвы органической части поглощённого комплекса и усиленного распада алюмо-силикатной части ниже формируется осолоделый горизонт А2 мощностью 9 см, листовато-плитчатой структуры, белёсой окраски, представлен аморфным кремнезёмом. Верхняя часть иллювиального горизонта В1 чётко выделяется по тёмно-бурой окраске, очень высокой плотности и ореховатой структурой. По граням структурных отдельностей ярко выражена глянцевая гумусовая лакировка и кремнезёмистая присыпка. В нижней части горизонт становится более светлым, менее плотным и постепенно переходит в горизонт Вк. Карбонаты в форме вкраплений, размытых конкреций, прожилок. Материнская порода С светло-бурой окраски с сизыми потеками, ржаво охристыми пропитками и карбонатными прослойками.

Различия между подтипами солодей состоят в различной степени выраженности оглеения. У луговых солодей признаки оглеения в виде сизых и ржаво-охристых пятен, которые проявляются в горизонте В2 с усилением признаков оглеения в материнской породе. У лугово-болотных солодей горизонты В2 и С имеют сизый фон, а признаки оглеения появляются в горизонте А2.

Солоди, как правило, приурочены к блюдцеобразным понижениям. Эти почвы бедны гумусом, но благодаря достаточному запасу влаги, производительность насаждений сравнительно высокая, характеризующаяся обычно 3 классом бонитета.

Близость к поверхности в большинстве случаев засоленных грунтовых вод наряду с климатическими особенностями является основной причиной распространения в пределах описываемой территории почв с признаками осолодения и солонцевания.

FOREST SOILS SOUTH OF THE TYUMEN REGION

Udartsev I. A., Grekhova I. V.

Northern Trans-Ural State Agricultural University, grehova-rostok@mail.ru

During field soil research Armizonskogo lesnichestvo surveyed 8 birch forests, located in different areas. The proximity to the surface in most cases groundwater zasolënnih along with climatic features is the main cause of spread within the described territory soils with signs of osolodeniâ and soloncevaniâ. Surveyed birch forests grow on various soils: dark gray forest osolodeloj, grey forest osolodeloj and solodi. Solodi are usually confined to the blûdceobraznym slides. These soils poor in humus, but thanks to a sufficient supply of moisture, productivity of plantings characterized by relatively high usually 3 quality class.

ЭКОБИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

М. А. Хрусталева

Московский государственный университет имени
М. В. Ломоносова, г. Москва. E-mail: mrnhr@rambler.ru

Аннотация. В результате проведенных автором полевых и экспериментальных исследований определены уровни содержания химических элементов в почвах и сопредельных средах ландшафтов, изучены пути миграции и аккумуляция элементов в них, выявлены источники загрязнения с целью охраны и улучшения экологии окружающей среды.

Ключевые слова: ландшафты, миграция, аккумуляция элементов, плодородие, загрязнение, экология

Актуальность. Экобиогеохимические мониторинговые исследования сельскохозяйственных ландшафтов в XXI веке весьма актуальны и имеют большое научное и практическое значение в связи с дальнейшим развитием растениеводства, введением в действие заброшенных земель, повышением урожайности культурных растений для удовлетворения потребностей населения в обеспечении российскими продуктами питания, создания благоприятных экологических условий для улучшения здоровья и продления жизни людей. С этой целью 68-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН объявляла 2015 год – Международным годом почв. А 2017 год объявлен Президентом страны В. В. Путиным Годом экологии.

Объекты и методы исследований. Для оценки экологического состояния компонентов сельскохозяйственных ландшафтов необходимо проведение режимных мониторинговых гидробиогеохимических полевых и экспериментальных исследований с комплексной оценкой компонентов ландшафтов путем изучения миграции и аккумуляции элементов, выявлением источников антропогенного воздействия на ландшафты в пространственно-временном аспекте. Многолетние экологобиогеохимические исследования велись в пределах Смоленской и Московской физико-географических провинций [1], расположенных в подзоне хвойно-широколиственных лесов с зональными дерново-подзолистыми почвами различной степени оподзоливания и оглеения, промывным водным режимом и элювиально-иллювиальным распределением химических элементов. Полевые исследования ландшафтов велись методом сопряженного ландшафтно-геохимического анализа. [11].

Результаты и их обсуждение

Остановимся на главном компоненте ландшафта – почвах. Почвы – гетерогенное образование. Они являются главным компонентом ландшафтов, в которых соединяются все миграционные потоки элементов. Для почв сельскохозяйственных ландшафтов характерен промывной водный режим, дифференциация,

элювиально-иллювиальное распределение элементов. Геохимические процессы активно происходят в зональных дерново-подзолистых почвах сельскохозяйственных ландшафтов, где они испытывают существенные изменения процессов почвообразования – окультурирование и его следствие – деградация [9], эрозия. Сельскохозяйственное освоение почв изменяет физико-химические свойства их и экологию, обусловленную применением механизации, уплотняющей почвы, загрязнение почв нефтепродуктами, мазутом. Влияют на почвы выбросы химических элементов из труб автомобилей, а также подтопление и затоплением их водами водохранилищ [10].

Почва – часть биосферы, наиболее насыщенной жизнью [3]. Она трансформирует поступившие минеральные и органические вещества. Геохимическое состояние почв определяется составом почвообразующих и подстилающих пород, продуктов их выветривания, дегумификацией, сокращением мощности гумусового горизонта и антропогенной деятельностью. Для почв сельскохозяйственных ландшафтов характерна дифференциация и элювиально-иллювиальное распределение элементов.

Величины $pH_{\text{водн. и солев.}}$ почв, соответственно, в автономных позициях сельскохозяйственных ландшафтов колебались в пределах 6,1–6,5, а в элювиально-аккумулятивных – 4,7–5,1 [12]. Оптимальная реакция почв для произрастания и развития растений изменяется от 4,7 (картофель, люпин) до 6,5 (петрушка, ревен, кабачки, морковь, тыква, томаты, репа, редька [11], а у злаковых культур – ярового ячменя pH почв не ниже 5,5.

Важную роль в жизни ландшафтов и, особенно, биогеохимических процессах, играет почва, которая трансформирует поступившие минеральные и органические вещества. Геохимическое состояние ее определяется составом почвообразующих и подстилающих пород, продуктов их выветривания. Для почв сельскохозяйственных ландшафтов характерна дифференциация и элювиально-иллювиальное распределение элементов. Экологическое состояние почв ухудшает процесс окультурирования, следствием которого является эрозия (процент эрозионноопасных земель в Смоленско-Московской провинции составляет 45–50 %) [7], деградация [9]. Загрязнение почв нефтепродуктами, мазутом происходит в связи с применением механизации. Изменяет физико-химические свойства почв подтопление и затопление, обусловленные созданием водохранилищ. Значит, важную роль в биогеохимических процессах ландшафтов играет антропогенная составляющая.

Велика роль почв в жизни растений. Они определяют степень насыщенности растений органическим веществом, которое определяет измерение содержания гумуса. Определение гумуса проводилось методом И. В. Тюрина с модификацией Е. В. Аринушкиной [2] и М. А. Хрустальной [8].

Определенную роль в биопродуктивности травостоев играет механический состав почв по классификации Н. А. Качинского. [10]. Согласно данным наших исследований изученные зональные дерново-подзолистые суглинистые почвы имеют легко-, средне- и тяжелосуглинистый состав, а почвы, развитые на аллювиальных и флювиогляциальных отложениях – супесчаные и песчаные.

В результате естественных и антропогенных процессов происходит изменение физико-химических свойств почв. Определение физических свойств почв (плотности, скважности, в водонепроницаемости) дерново-подзолистых почв сельскохозяйственных ландшафтов показало значительное их варьирование в зависимости от состава материнских почвообразующих пород, гранулометрического состава, степени окультуренности, применения агротехники и севооборотов. На аналогичных по генезису и гранулометрическому составу почвенных разностях выявлена общая тенденция к ухудшению физических свойств почв, связанных с распашкой и отсутствием хорошей агротехники. В верхних гумусовых горизонтах дерново-подзолистых почв плотность их изменялась от 1,03 до 1,60 г/см²; порозность – от 48 до 65 %, а на аналогичных почвах луговых ландшафтов, соответственно: 1,20–1,57 г/см² и 42–50 %. Водопроницаемость почв (метод малых заливных площадей) изменяется в зависимости от состояния угодий от вполне удовлетворительной (70 мм в час и более) до неудовлетворительной (менее 30 мм в час, согласно классификации Н. А. Качинского).

Следует отметить, что почти повсюду почвы изученных ландшафтов нуждаются в улучшении водно-физических свойств: повышении в них содержания гумуса, путем внесения навоза и пожнивных растительных остатков, введения травопольных севооборотов, которые улучшат их структурное состояние и положение.

При работе во влажные сезоны года необходимо использовать сельскохозяйственную технику с низким удельным давлением на почвы. Для повышения плодородия почв и увеличения продуктивности надземной фитомассы необходимо правильно и своевременно вносить минеральные удобрения с учетом комплексности почв.

Основное свойство почвы – созидание органического вещества, последующая переработка которого микроорганизмами приводит к высвобождению энергии, накопленной при фотосинтезе. Количество органического вещества определяет уровень плодородия почв, который обусловлен минерализацией пожнивных остатков, с применением природно-обоснованных приемов вспашки, использованием севооборотов, внесением удобрений. Подвижность их оказывает влияние на качество урожая культурных растений.

Распределение гумуса (%) по месяцам в почвах антропогенных катен показано на рисунке. Запасы гумуса показывают плодородие почв. Максимальные его запасы выявлены в апреле, а минимальные – в сентябре.

Следует отметить важную роль в повышении урожайности культурных растений имеет внесение удобрений, содержащих важные элементы для питания растений, на что указывал основатель агрохимической школы академик Д. Н. Прянишников (1865–1948), 150-летие со дня рождения которого отмечали в 2015 г. Он изучал в различных природных зонах азотный обмен, а также аммонийное и нитратное питание растений [6]. По данным В. С. Груздева и др., внесение удобрений в России обеспечивает увеличение урожая на 50–75 % [4].

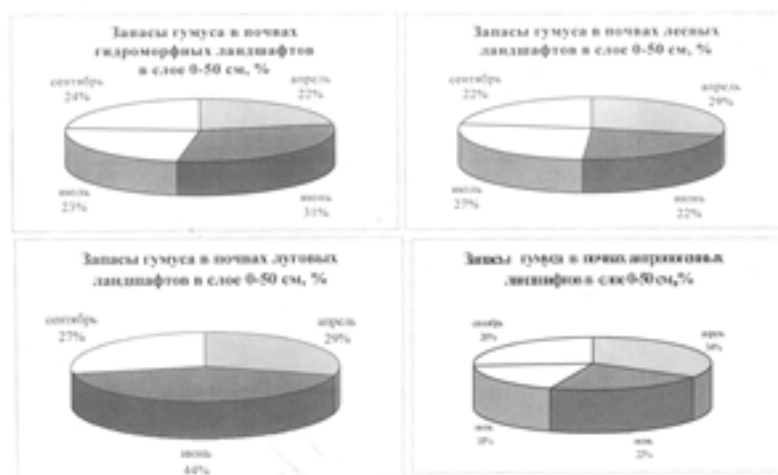


Рис. Запасы гумуса в почвах ландшафтов антропогенных катен по сезонам, %

Итак, в результате полевых и экспериментальных исследований определено содержание элементов в почвах, выявлены пути их миграции и аккумуляция на геохимических барьерах. Для улучшения экологического состояния компонентов сельскохозяйственных ландшафтов необходимо создание режимного агроэкологического мониторинга.

Литература

1. Ландшафты Московской области и их современное состояние / Г. Н. Анненская, В. К. Жучкова, В. Р. Калинина, И. И. Мамай, В. А. Низовцев, М. А. Хрусталёва, Ю. Н. Цесельчук. Смоленск : Изд-во СГУ, 1997. 296 с.
2. Аринушкина Е. В. Химический анализ почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
3. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. : Высш. шк., 1988. 328 с.
4. Груздев В. С., Груздева Л. П., Бойценюк Л. И. Ландшафтное земледелие. М. : ФГУПС «Типография» 2012. Ч. 1. 241 с.
5. Качинский Н. А. Почва, её свойства и жизнь. М., Наука, 1975. 297 с.
6. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. Т. 13. М., 1963.
7. Флёсс А. Д., Интенсивность антропогенной эрозии почв малого водосбора в юго-западной части Клинско-Дмитровской гряды // Вестн. Моск. ун-та Сер. 17, Почвоведение. 2003. № 2. С. 44–49.
8. Хрусталева М. А. Аналитические методы исследований в ландшафтоведении. М. : Техполиграфцентр, 2003. 88 с.
9. Хрусталева М. А. Деградация почв антропогенных ландшафтов западной части Московского региона // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения : тез. и докл. всерос. конф. Москва, 16–18 июня 1998 г. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 1998. Т. 1. С. 320.
10. Хрусталева М. А. Изменение свойств почв под влиянием подтопления водохранилищами // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (17–20 сент. 2013 г., Минск, Беларусь). Минск : Изд-во БГУ, 2013. С. 214–216.
11. Хрусталева М. А. Экобиогеохимия ландшафтов. LAP LAMBERT Academic Publishing Saarbrücken, Deutschland / Германия, 2015. 352 p.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОЗЁМАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, А. М. Никифорова

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, tshovrebov@mail.ru

Как открытая система, почва существует в условиях постоянного поступления в нее извне органических веществ, образующихся в результате фотосинтеза и жизнедеятельности животных и микроорганизмов [3; 4; 8; 12; 19]. Благодаря поступлению животных и растительных остатков почвенный покров аккумулирует энергию, элементы питания, новообразованные вещества и соединения в процессе почвообразования [6; 9; 11; 16].

Содержание и запасы органического вещества являются одним из основных критериально-оценочных показателей плодородия почв [7; 13; 15]. Оно служит питательным субстратом для микрофлоры, которая, в свою очередь, осуществляет выветривание минеральной основы почв [10; 14; 17]. Давно известна, также, способность органики к агрегированию почв [1; 2; 5; 18].

Исследования проводились на основных подтипах черноземов Центрального Предкавказья по ключевым участкам на сопряжённых участках целины и пашни. Изучались следующие подтипы чернозёмов: южные, обыкновенные, выщелоченные – образованные на лёссовидных суглинках и солоцеватые и солонцевато-слитые – образованные на элювии третичных глин морского генезиса майкопского яруса. Возраст пашни в пределах 80–100 лет. Целинная растительность представлена бобово-разнотравно-злаковыми ассоциациями, на пашне высеваются преимущественно зерновые, пропашные и бобовые культуры.

Установлено, что количество органического вещества в дернинном горизонте целины чернозема южного составляет 3,49 %, а в горизонте А снижается до 3,22 %. На пашне происходит уменьшение изучаемого показателя по сравнению с верхним горизонтом целины на 0,76 %, а в подпахотном на 0,13 % по сравнению с горизонтом А. Далее вниз по профилю различия в содержании гумуса между целиной и пашней не значительны и находятся в пределах ошибки опыта.

На черноземе обыкновенном карбонатном количество органического вещества на целинном участке в горизонте А_д составило 4,67 %. На пашне произошло снижение этого показателя на 1,19 %. В горизонте А на целине количество органического вещества составляет 4,11 %, что превышает аналогичный показатель на пашне на 0,54 %.

На черноземе обыкновенном обычной тенденция в распределении органического вещества по профилю и между целинным и пахотным участками аналогична чернозёму карбонатному.

Таблица

Содержание органического вещества на целине и пашне различных подтипов чернозёмов

Чернозем южный			Чернозем обыкновен- ный карбонатный			Чернозем обыкновен- ный обычный			Чернозем выщелочен- ный			Чернозем солонцева- тый			Чернозем солонцевато- слитой		
горизонт	целина	пашня	горизонт	целина	пашня	горизонт	целина	пашня	горизонт	целина	пашня	горизонт	целина	пашня	горизонт	целина	пашня
A _{д/пах}	3,49	2,73	A _{д/пах}	4,67	3,48	A _{д/пах}	6,25	4,35	A _{д/пах}	6,77	5,71	A _{д/пах}	6,49	5,71	A _{д/пах}	6,28	4,41
A	3,22	3,09	A	4,11	3,57	A	5,84	4,44	A	5,92	5,79	A	5,45	5,42	B ₁	5,39	3,22
B	2,40	2,39	AB	3,98	2,75	AB	5,12	3,47	AB	5,34	5,01	B ₁	4,56	4,54	B ₂	3,90	2,17
B _к	1,40	1,37	B	3,64	2,59	B	4,29	3,12	B	3,66	3,27	B ₂	3,03	2,55	BC	1,00	0,82
BC	0,58	0,59	B _к	2,38	1,26	BC	2,48	1,71	BC	2,40	2,32	BC	1,34	1,23	C	0,47	0,31
C	0,43	0,40	BC	1,23	0,85	C	0,84	0,80	C	0,83	0,95	C	0,27	0,24			
			C	0,79	0,62												

Наибольшее содержание гумуса отмечено в естественных биоценозах чернозема выщелоченного. Так, в верхнем дернинном горизонте его содержание достигает 6,77 % и постепенно убывает с глубиной до 0,83 % в породе. В пахотном слое происходит снижение количества органического вещества на 1,06 % при этом его количество составляет 5,71 %.

Содержание органического вещества в верхнем горизонте целинной почвы чернозема солонцеватого составляет 6,49 %. Это выше, чем на пашне на 0,78 %. В горизонте А разница в этом показателе между целиной и пашней практически отсутствует. Вниз по профилю происходит закономерное снижение его количества на целине и пашне соответственно до 0,27 % и 0,24 % в породе. Аналогичная картина наблюдается и на чернозёме солонцевато-слитом.

Таким образом, на пашне наблюдается значительное снижение количества органического вещества. Это происходит в результате нарушения в цикле опада, накопления и минерализации органики. На всех черноземах за исключением южных снижение изучаемого показателя происходит по всему профилю. К тому же на черноземе южном, обыкновенном и выщелоченном содержание органического вещества в подпахотном горизонте выше, чем в пахотном. Полученные данные указывают на значительное увеличение темпов минерализации первичного органического вещества и гумуса в пахотном горизонте по сравнению с подпахотным. Это лишний раз подтверждает ускоренную деградацию наиболее насыщенного корневой системой и микроорганизмами горизонта почв. Можно предположить, что наряду с деградацией органического вещества происходит и деградация минеральной основы почв в результате усиления процессов выветривания.

Литература

1. Авдеева В. Н., Безгина Ю. А. Влияние обработки озимой пшеницы физическими факторами на состав патогенной микобиоты в процессе хранения // Вестн. АПК Ставрополя. 2013. № 3 (11). С. 48–50.
2. Власова О. И. Дорожко Г. Р., Передериева В. М. Основы адаптивно-дифференцированной системы обработки почвы // Вестн. АПК Ставрополя. 2015. № 2. С. 45–52.
3. Годунова Е. И., Кубашев С. К., Чижикова Н. П. Минералогический состав чернозема слитого солонцеватого и функциональная роль минералов в оценке плодородия почв // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 13–15 окт. 2015 г.) / СтГАУ. Ставрополь, 2015. С. 41–45.
4. Годунова Е. И., Патюта М. Б. Состояние почвенной мезофауны на полигоне «Агроландшафт» в зависимости от интенсивности антропогенных нагрузок // Вопросы современной науки и практики. 2008. Т. 2, № 3. С. 75–84.
5. Дорожко Г. Р., Вольтерс И. А. Влияние предшественников озимой пшеницы на строение пахотного слоя почвы // Аграрная наука. 2007. №4. С. 11–12.
6. Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. А., Подколзин О. А. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрений в севообороте // Проблемы агрохимии и экологии. 2009. №1. С. 3–7.
7. Имамудинова О. С. Швец Т. В. Содержание гумуса в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья при возделывании озимого ячменя различными технологиями // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. по материалам 9-й всерос. науч.-практ. конф. мол. ученых / КубГАУ. Краснодар, 2016. С. 28–29.

8. Калугин Д. В. Реминерализация чернозема выщелоченного Ставропольского Плато различными горными породами : автореф. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2009. 50 с.
9. Лысенко В. Я. Эколого-почвенная эволюция черноземов Ставропольского плато при современном земледелии: автореф. ... канд. с. -х. наук. Ставрополь, 1998. 32 с.
10. Новиков А. А. Генетические особенности и агроэкологический мониторинг черноземов солонцевато-слитых развитых на элювии майкопских глин Центрального Предкавказья : дис. ... канд. с. -х. наук. Краснодар, 2009. 25–30 с.
11. Онищенко Л. М. Слюсарев В. Н., Швеи Т. В. Чернозем выщелоченный Западного Предкавказья: некоторые вопросы происхождения и современное состояние // Труды КубГАУ. 2013. № 3 (42). С. 71–79.
12. Изменение свойств и гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности / В. И. Терпелец, В. Н. Слюсарев, А. В. Бузоверов, А. В. Осипов, Т. В. Швеи, Е. Е. Баракина, Ю. С. Плитинь // Труды КубГАУ. 2015. № 53. С. 157–162.
13. Изменение содержания и состава гумуса чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности при возделывании полевых культур адаптивными технологиями / В. И. Терпелец, Ю. С. Попова, Т. В. Швеи, М. С. Б. Катинда // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. ст. по материалам IV Междунар. науч. конф. Ставрополь : Ставроп. изд-во «Агрус», 2015. С. 347–349.
14. Фаизова В. И. Изменение состава и свойств черноземов солонцевато-слитых Центрального Предкавказья в результате антропогенного воздействия . автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Кубан. гос. аграр. ун-т. Краснодар, 2003. С 10–12.
15. Цховребов В. С. Изменения в составе живого вещества черноземов солонцеватых при сельскохозяйственном использовании // Наука. Инновации. Технологии. 2004. № 37. С. 137–139.
16. Геоморфология Ставропольской возвышенности и особенности почвообразования / В. С. Цховребов, А. А. Новиков, Л. Ю. Чистоглядова, А. Н. Марьин, Т. В. Швеи // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. -практ. конф. (г. Ставрополь, 14–17 мая 2013 г.) / СтГАУ. Ставрополь, 2013. С. 220–223.
17. Швеи Т. В., Баракина Е. Е. Влияние различных технологий возделывания озимой пшеницы на содержание общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. -практ. конф. (г. Ставрополь, 2013 г.) / СтГАУ. Ставрополь, 2013. С. 253–257.
18. Швеи Т. В., Баракина Е. Е. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроэкологическом мониторинге равнинного агроландшафта Западного Предкавказья // Труды КубГАУ. 2011. № 30. С. 114–118.
19. Экологические проблемы сельского хозяйства Ставропольского края / А. Г. Хлопянов [и др.] // Вестн. АПК Ставрополья. 2015. № 2. С. 14–20.

CHANGE THE CONTENT OF ORGANIC SUBSTANCES IN CHERNOZEMS OF THE CENTRAL CAUCASUS

Tskhovrebov V. S., Faizova V. I., Nikiforova A. M.

Annotation. On the main subtypes of chernozems central Caucasus have made studies on the content of organic matter on the conjugate sections of virgin land and arable land. It was established that as a result of agricultural activities is a significant reduction in the content of organic matter in the plowing as compared to virgin land. This occurs as a result of irregularities in the cycle of litter, accumulation and mineralization of organic matter. In the southern chernozem, leached and ordinary organic matter content in the subsurface horizon is higher than in the plow. This indicates a significant increase in the rate of primary mineralization of organic matter and humus in the arable horizon compared to the subsurface.

LAND CONSOLIDATION AND GIS INTEGRATION FOR SOIL SURVEY VISUALIZING

Ekrem TUSAT¹

¹Assoc. Prof. Dr., Selcuk University, Cumra School of Applied Sciences,
etusat@selcuk.edu.tr

Abstract. Efficient and sustainable agricultural policies are needed to meet the food requirement of the ever-rising population of the world. However, at the same time, it is important to ensure that the increase in food production does not result in damaging the environment and nature. Effective and efficient agricultural policies can be implemented, through the improvement of farming land. Rearrangement and improvement of agricultural land constitute a part of agricultural development and find an ever-increasing area of application particularly in developing countries. Therefore, it is necessary to first offer in-field improvement services to increase agricultural output, and then rearrange the shapes and sizes of agricultural land, which forms the basis of agricultural activities. Geometrical and spatial data produced within the scope of this land consolidation work serves as a basis for precision agricultural practices and provides information about the structure and organic matter content of soil. The collection of information using GIS database and spatial analysis of the collected data help establish a base that is needed particularly by variable-level agricultural practices. In this study, spatial, numerical and verbal data that was generated during the land consolidation work conducted in the villages of Inli and Dinlendik in Konya, Turkey was entered into a GIS medium, and mapping applications were performed on the data in the GIS database.

Keywords: GIS, land consolidation, land use, precision agriculture, soil survey data, visualizing

Introduction

Agricultural sector needs services provided by geographic information technologies in areas; such as product and harvest monitoring, soil cultivation, disinfection, irrigation, fertilization, differentiation of fields and land, controlling cultivation sites, recording agricultural data and using this data in the planning and decision-making stages. According to reference [1], these services can be subsumed under four headings;

- collecting data that affect yield factors and drawing up maps,
- analysing types, distribution and quantity that affect crop yield,
- making decisions according to crop growth background and specific crop types,
- controlling the quantity of inputs on the need, precise position in equitable land parcels.

Therefore, in today's society the need to implement modern technologies in agricultural production has become inevitable. In this study, the data obtained from a land consolidation project for agricultural purposes is examined in terms of use in GIS applications.

LAND CONSOLIDATION

Land consolidation is defined in two ways: in a strict sense and in a broad sense [2]. In a strict sense, land consolidation is the process of “combination of fragmented properties without conducting any infrastructural work”. In a broader sense, land consolidation involves “in addition to the combination of fragmented properties, all other

infrastructural work such as drainage, irrigation, transportation, measures taken to protect soil and water and all other infrastructural needs of a rural settlement” [3]. This broader sense of the term is further defined in reference [4] as land rearrangement where rural space is rearranged in a way to meet the needs of society and individuals in accordance with the latest agricultural technology and all necessary precautions are taken to ensure that agricultural businesses operate more efficiently. Briefly, land consolidation efforts aim to take all technical, social, cultural and economic measures to raise farmers’ standard of living.

GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)

A geographical information system is defined as "an information system that includes, in an integrated manner, the hardware, software and procedural components aimed at the collection, storage, processing, analysis and presentation of graphic and non-graphic information belonging to objects that have a certain position and form" [5]. Many variables and related criteria are involved in the analysis. Geographic information systems (GIS) are best suited for handling spatial data, with due consideration for the spatial variability for an efficient time and cost-effective evaluation [6]. Suitable areas for crops are determined by evaluation of the climate, soil and topographical characteristics; therefore, GIS has been applied to the evaluation of crop suitability in recent years [7]. GIS is a part of Information Technology (IT) that bases on geographic coordinates, collects spatial and non-spatial data, and stores, processes, analyses and presents this data as a whole in tables and maps [8]. The area of use of GIS in agriculture can be listed as follows [9]; determination of product patterns, determination of cultivated areas according to the cultivated plant, yield prediction, creation of land information systems, precision agriculture, plant diseases and pests, nutritional deficiencies, and soil mapping.

STUDY AREA

The study area covers a total area of 6787. 8 ha including the villages of Inli and Dinlendik in the Cumra district of Konya Province in Turkey. These villages are located on the Cumra plain 60 km from the provincial centre on a South-East axis from the provincial centre to the South-East of the district centre (Figure 1).



Figure 1: Study area

All cadastral and title deed records, coordinate values of triangulation points, land index map sections belonging to the project area, and information and documents on other applied and prospective projects were obtained from relevant institu-

tions and transferred to the GIS environment using ArcGIS 10 software. The collected data was used to create geographical, numerical and verbal databases for the farming land areas. Figure 2 shows the geographical state of the land parcels before consolidation.

In land consolidation work, project design stage begins following the collection of information on the current state of use. The type and location of business to be built is determined taking into consideration; the topography of the land, size of the business, farmer preferences, state of fixed facilities, the state of the current land use, grading map and former ownership map, and using optimization techniques. If necessary, new parcel plans are added to the draft plan following the interviews with landowners (Figure 3).

It is necessary to draw a soil analysis map indicating the gradients, depths, features (salinity, alkalinity, drainage, and presence of excessive stone and rock) of the land areas and the current use. These maps give planners necessary information about the soil. Moreover, the purpose is to provide the project engineer with necessary data to identify the physical and chemical properties of the soil and prepare the Soil Index Map during the consolidation and distribution of parcels.

To this end, 292 sample drills were made in the area of study in order to determine the borders of soil polygons; moreover, 11 profiles were identified and 765 control drills were made. Morphological properties of the drill areas and the color of the top soil were determined and noted during the fieldwork. Again, the coordinates of both sample points and control points were taken using a handheld GPS. 6712. 3 hectares of the land area were devoted to farming while 75. 5 hectares were identified as settlements, roads, canals, and streams. In order to determine different soil polygons in the study area and reveal their physical and chemical properties, 292 soil samples were drilled from these points on the basis of depth (Figure 4).

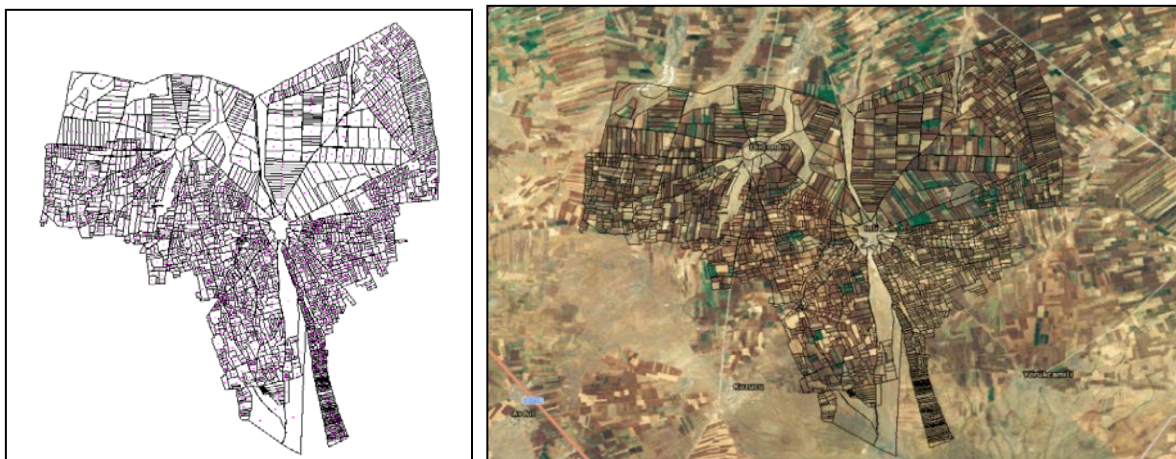


Figure 2: Cadastral state of Inli and Dinlendik villages



Figure 3: New parcelling plan model after land consolidation project

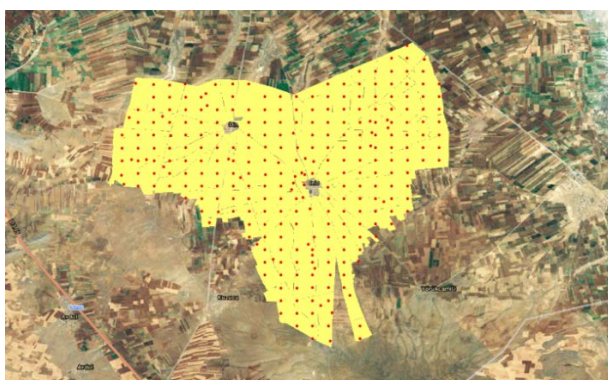


Figure 4: Sample points for soil survey

RESULTS

The most important data in variable level agricultural applications is derived from information about the physical and chemical properties of the land. Mapped sample data for map-based applications are given in Figure 5.

In this study, the formation of GIS tools and geo-database, which are necessary for precision agriculture, was investigated through a land consolidation project in Inli-Dinlendik villages in Konya, Turkey. The parcel borders of farming land areas were recorded in the database both before and after the project. The resulting geo-database includes spatial data required for the use of GNSS-supported agricultural tools and equipment in the preparation of each parcel for production, cultivation, fertilization, disinfestation and harvest. This data will, at the same time, bring an end to land conflicts among property owners.

A soil geo-database was created for the project area including values such as K, B, and salinity to determine soil gradation from the samples obtained from the land. The soil groups formed during the gradation stage were recorded in the database in relation to the old and new states of the parcel. Using the data in the soil database, thematic maps of B, salt and lime elements of specific land areas were drawn. In this way, maps needed for spatial, variable and more effective disinfestation and fertilization were prepared in a digital environment instead of applying the same level of disinfestation and fertilization to the whole area.

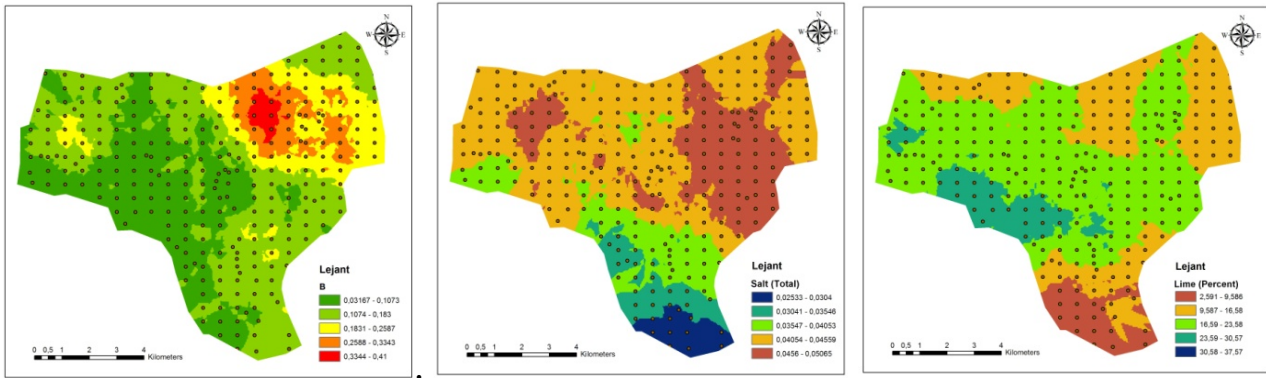


Figure 5: Visualizing of soil survey for B, salt (total), lime (percentage) values

CONCLUSION

Land consolidation is necessary to increase the efficiency of functionality in agricultural areas. So, in land consolidation projects, information technology is frequently used in decision-making processes, specific aims, visualization of data and input data [10]. The scope of this study involved integrated planning, management, co-operability and fundamental data required for decision support systems. Furthermore, similar to the satellite images, Remote Sensing data of the project area can also be integrated into the same database. With the data that will be entered into the system periodically, it will be possible, in the course of time, to monitor the temporal changes that may occur in land use and soil conditions.

ACKNOWLEDGMENT

Author would like to thank the General Directorate of Agrarian Reform in Konya for providing the data used in this study and their technical support.

REFERENCES

1. Zhang, S., Xu, X., (1999), "Planning of Using Modern Agriculture High-New Information Technology for Building Stable Nation Commercial Grain And Green Agriculture Base of China", Towards digital Earth – Proceedings of the International Symposium on Digital Earth Science Press, 1999, <http://www.digitalearth-isde.org/cms/upload/2007-04-30/1177912508973.pdf>
2. Boyraz, Z., Ustundag, O., (2008), "Kirsal Alanlarda Arazi Toplulastirma Calismalarinin Onemi", e-Journal of New World Sciences Academy, ISSN:1306-3111, Volume: 3, Number: 3, - Article Number: C0076. (In Turkish)
3. Cevik, B. ve Tekinel, O., (1987). Arazi Toplulastirmasi. Cukurova Universitesi Ders Notlari, Adana. (In Turkish)
4. Cay, T., (2001), Arazi Duzenlemesi ve Mevzuati, Petek Ofset, ISBN: 975-97743-0-5, 342p, Konya (In Turkish)
5. DPT, (2001), "Harita, Tapu Kadastro, Cografi Bilgi ve Uzaktan Algilama Sistemleri (Arazi ve Arsa Politikolari, Arazi Toplulastirmasi, Arazi Kullanimi)", 8. Bes Yillik Kalkinma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara. (In Turkish)
6. Ahamed T. R. N, Rao K. Gopal, Murthy J. S. R, (2000), "GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis", Agricultural Systems 63 (2000), pp75-95
7. Gao, Y., (2000), "Application of GIS in evaluation of suitable areas for crops", Computing techniques for geophysical and geochemical exploration, 3(2000) pp257-261
8. Kursun H, Bektas M, Yilmaz M, Tuncer N, (2001), "IGABIS (İgda Infrastructure Information System)", Cografi Bilgi Sistemleri Bilisim Gunleri / Fatih Universitesi, 13-14 Kasim 2001, cbs2004.fatih.edu.tr/download/file403.pdf (In Turkish)

9. Senol S, (2008), “Turkiye Topraklarinin Haritalanmasi ve Veri Tabaninin Olusturulmasinda Kullanım Olanaklari”, Gıda ve Tarım Kongre ve Konferanslari, Adana 2008 Gıda Tarımda Bilisim ve Finans Konferans ve Calistayi, Cukurova Universitesi, Adana, 5–6 Kasım 2008, [www. gidatarim.com/kongresunum/uagisgidatarimkonferans. ppt](http://www.gidatarim.com/kongresunum/uagisgidatarimkonferans.ppt) (In Turkish)

10.Uyan, M., Cay, T., Akcakaya, O., (2013), “A Spatial Decision Support System design for land reallocation: A case study in Turkey”, Computers and Electronics in Agriculture 98 (2013), pp8–16.

Научное издание

**ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ
И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ**

МАТЕРИАЛЫ

**IV Международной научно-практической конференции,
посвященной 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ
и Дню Байкала**

Материалы конференции печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: Н. А. Мартынова
Подготовка материалов: Н. Д. Киселева